تکنولوژی نوین بتن و آزمایشات غیر مخرب بتن

ایمان الیاسیان ، دانشجوی دکترای عمران سازه

پژوهشگران عرصه مصالح ساختمانی طی سال‌ها در تلاش بوده‌اند تا با ایجاد تغییراتی در اجزای مختلف این ماده، اصلاحاتی را مطابق با نیازهای موجود اعمال کرده و به خواص جدید یا برتری از بتن دست پیدا کنند. این تلاش‌ها در طی سال‌ها منجر به پیدایش بتن‌های توانمند، فوق توانمند، سبک، الیافی و غیره شده‌است. یکی از این انواع بتن که ظهور آن به چندین دهه قبل بازمی‌گردد، بتن خودمتراکم است که با ویژگی‌های خاص خود، امکانات جدیدی را در اختیار مهندسین قرار داده‌است که با استفاده از آن‌ها می‌توان بر مشکلات ناشی از عدم تراکم مناسب در سازه‌های بتنی، از جمله کاهش عمر مفید و دوام سازه‌ها فائق آمد. با اینکه در ابتدا بتن خودمتراکم در زمرهٔ بتن‌های خاص و پیچیده محسوب می‌شد، توانایی‌ها و مشخصات فوق‌العاده، این نوع بتن را به سرعت به یکی از انواع پرکاربرد در کشورهای پیشرفتهٔ دنیا تبدیل کرد. با این حال، در کشورهایی مانند کشور ایران، هنوز این بتن یک فناوری جدید در عرصهٔ ساخت و ساز به‌شمار می‌آید و می‌توان گفت استفاده از آن هنوز محدود می‌باشد و آشنایی و دانش کافی دربارهٔ آن نزد اغلب مهندسین وجود ندارد.[۱] بتن خودمتراکم عبارت است از «بتنی با کارایی زیاد و عدم جداشدگی که می‌تواند پس از ریخته شدن در محل موردنظر، فضای قالب را پر کند و اطراف آرماتورها را بدون نیاز به تراکم مکانیکی فرا بگیرد». De Schutter و همکارانش (۲۰۰۸) نیز موارد زیر را به عنوان پارامترهای ضروری برای یک مخلوط خودمتراکم در حالت تازه عنوان کرده‌اند: الف- توانایی جریان یافتن تحت وزن خود را داشته باشد. ب- توانایی پر کردن تمامی فضای خالی موجود (فضای قالب) را داشته باشد. ج- توانایی ایجاد یک مصالح متراکم و به اندازهٔ کافی همگن را بدون نیاز به انجام عملیات تراکم داشته باشد.[۲] به‌طور کلی بتن خودمتراکم با مصالحی مشابه بتن معمولی ساخته می‌شود و در برخی موارد برای ساخت آن علاوه بر مقادیر نسبتاً زیاد فوق روان‌کننده، از افزودنی اصلاح‌کنندهٔ لزجت نیز استفاده می‌شود. شناخت صحیح رفتار، مزایا، معایب و نهایتاً ارایهٔ طرح اختلاط مناسب برای بتن خودمتراکم «هنری» است که با استفاده از آن می‌توان از مزایای این نوع بتن بیشترین بهره را جست و به موارد طرح شده در تعریف این بتن، یعنی کارایی بالا و عدم جداشدگی، دست یافت.

محتویات

- ۱ تعریف بتن خودمتراکم
- ۲ تاریخچه
- ۳ ویژگی‌های بتن خودمتراکم
- ۴ مزایای بتن خودمتراکم
- ۵ طرح اختلاط
- ۶ خصوصیات بتن خودمتراکم
- ۷ ویژگی‌های مصالح
- ۸ چالش‌های کاربرد گستردهٔ بتن خودمتراکم در ایران
- ۹ خزش در بتن
- ۱۰ رئولوژی بتن خودمتراکم
  - ۱۰٫۱ رئومتر
  - ۱۰٫۲ مفهوم ویسکوزیته
- ۱۱ بتن خود متراکم در ایران

- ۱۲ منابع

تعریف بتن خودمتراکم

طبق تعریف انجمن بتن ایالات متحده بتن خودمتراکم «بتنی با کارایی زیاد و عدم جداشدگی است که می‌تواند در محل مورد نظر ریخته شده، فضای قالب را پر کند و اطراف آرماتورها را بدون نیاز به تراکم مکانیکی فرا بگیرد». به‌طور کلی بتن خودمتراکم با مصالح بتن معمولی ساخته می‌شود و در برخی موارد برای ساخت آن علاوه بر مقادیر نسبتاً زیاد فوق روان‌کننده، از افزودنی لزجت دهنده نیز استفاده می‌شود.[۳]

تاریخچه

از آغاز گسترش کاربرد بتن مسلح، مشکلات اجرایی ناشی از کاربرد مخلوط‌های خشک موجب گرایش به مخلوط‌های مرطوب تر با روانی بیشتر مخصوصاً در میان متولیان اجرای سازه‌های بتنی شده بود، ولی از آنجا که افزایش روانی در گرو استفاده از آب بیشتر در مخلوط بتن بود و از طرفی تأثیر افزایش میزان آب به سیمان بر کاهش مقاومت و دوام بتن شناسایی شده بود، این سؤال برای متخصصان بتن ایجاد شده بود که چگونه می‌توان بدون تأثیر منفی بر خواص بتن در جهت سهولت اجرای سازه‌های بتنی، روانی مخلوط را افزایش داد. با گذشت زمان و پیدایش روان‌کننده‌ها و فوق روان‌کننده‌ها به عنوان نوع جدیدی از افزودنی‌ها، بسیاری از مشکلات اجرایی بتن که ناشی از استفاده از بتن‌های با کیفیت خوب ولی کارایی کم بود از میان برداشته شد. با این حال دست‌یابی به بتن با قابلیت خودمتراکمی بدون افت در مقاومت و دوام بتن و عدم ایجاد انسداد و جداشدگی، سال‌ها به عنوان یک هدف دست نیافتنی برای دست‌اندرکاران صنعت بتن در کشورهای مختلف قلمداد می‌شد. این مسایل باعث توجه محققین به خواص کارایی و رئولوژی بتن گردید. نهایتاً در اوایل دهه هشتاد میلادی به دنبال کاهش نیروی کار ماهر در صنعت ساخت و ساز ژاپن و نیز تراکم نامناسب بتن ناشی از افزایش حجم آرماتورهای مصرفی که باعث کاهش کیفیت کارهای اجرایی انجام گرفته شده بود، این موضوع برای چندین سال مورد بحث و بررسی قرار گرفت تا اینکه نظریهٔ بتن خودمتراکم، بتنی که بتواند تحت وزن خود و بدون نیاز به لرزاندن متراکم شده و تمام زوایای قالب را پر کند، به عنوان راه حلی توسط Okamura در سال ۱۹۸۶ مطرح شد. لازمهٔ تحقیق بر روی بتن خودمتراکم مطالعهٔ عمیق کارایی بتن بود که توسط Ozawa و Maekawa در دانشگاه توکیو صورت گرفت. مدل اولیهٔ بتن خودمتراکم در سال ۱۹۸۸ تکمیل شد و در همین سال این نوع بتن برای اولین بار در کارگاه ساخته شد و نتایج قابل قبولی را از نظر خواص فیزیکی و مکانیکی ارائه داد. تحقیقات در زمینهٔ بتن خودمتراکم در اروپا و آمریکا در مقایسه با ژاپن دیرتر آغاز گردید. لیکن امروزه بتن خودمتراکم همزمان با کشور ژاپن در مراکز دانشگاهی و تحقیقاتی کشورهای اروپایی، کانادا، آمریکا و نیز آسیا موضوع بحث، بررسی و اجرای سازه‌های بتنی است. در پی استفاده گسترده از بتن خودمتراکم در ژاپن، مراکز علمی و پژوهشی در دنیا بر آن شدند تا این تجربیات را به صورت مدون و استاندارد درآورند. می‌توان گفت منسجم‌ترین تلاش در این زمینه توسط مؤسسه اروپایی EFNARC در سال ۲۰۰۲ با انتشار راهنمای بتن خودمتراکم به ثمر نشست. در سال ۲۰۰۵ میلادی نیز این مؤسسه به همراه چهار مؤسسهٔ دیگر تجربیات عملی در بتن خودمتراکم را تحت عنوان «راهنمای اروپایی بتن خودمتراکم، ویژگی‌ها، تولید و استفاده» گردآوری و منتشر نمودند. در ایران نیز آشنایی با این بتن از اوایل دههٔ ۷۰ آغاز شد و با گذشت زمان و پس از انجام مطالعاتی در دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی کشور، این نوع بتن در چندین پروژهٔ خاص بکار گرفته شد.[۳]

ویژگی‌های بتن خودمتراکم

شروع تست L

اتمام تست L

شروع تست U

اتمام تست U

خواص بتن تازه در بتن‌های خودمتراکم از حساسیت بیشتری نسبت به انواع دیگر برخوردار است زیرا مزایای این بتن غالباً از خواص آن در حالت تازه ناشی می‌گردد و به همین دلیل نیز آزمایش‌های خاصی برای ارزیابی رفتار بتن خودمتراکم تازه بکار گرفته می‌شود. بتن خودمتراکم در حالت تازه عموماً با سه ویژگی زیر شناخته می‌شود:

- قابلیت پرکردن

- قابلیت عبور
- مقاومت در برابر جداشدگی (پایداری)

باید توجه داشت که یک مخلوط بتن فقط هنگامی می‌تواند در طبقه‌بندی بتن خودمتراکم قرار گیرد که الزامات مربوط به هر سه ویژگی را دارا باشد. به عبارت دیگر این سه ویژگی کارایی بتن خودمتراکم را توصیف می‌کند. طبق تعریف، کارایی بتن نشانگر سهولت اختلاط، جای‌دهی، تراکم و پرداخت سطح بتن تازه است. این ویژگی در بتن خودمتراکم توسط آزمایش‌های ویژه‌ای مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. قابلیت پرکردن (جریان در حالت آزاد) توانایی بتن خودمتراکم برای جریان و پرکردن همهٔ فضاهای داخل قالب، تحت وزن خود را نشان می‌دهد. این ویژگی هنگام انتخاب روش بتن ریزی و نیز تعیین فاصلهٔ مجاز بین نقاط بتن ریزی اهمیت خاصی می‌یابد. قابلیت عبور (جریان در حالت محبوس) به توانایی بتن برای عبور از موانع مختلف و فضاهای باریک در قالب، بدون وقوع انسداد جریان (اصطلاحاً بلوکه شدن) اشاره دارد. بلوکه شدن در نتیجهٔ جداشدگی موضعی سنگدانه‌ها در مجاورت موانع رخ می‌دهد و منجر به توقف جریان در غیاب تراکم دینامیکی می‌گردد. بتن خودمتراکم هنگامی می‌تواند ظرفیت پرکنندگی زیادی داشته باشد که حد مناسبی از قابلیت عبور و قابلیت پرکنندگی را به صورت هم‌زمان داشته باشد تا بتواند یک مقطع خاص را فقط تحت نیروی ثقل خود پر کند. پایداری بتن تازه به توانایی آن برای حفظ توزیع همگن اجزای مختلف در حین جریان و گیرش گفته می‌شود. برای بتن خودمتراکم دو نوع ویژگی پایداری حائز اهمیت هستند: پایداری دینامیکی و استاتیکی. پایداری دینامیکی، مقاومت بتن در برابر جداشدگی اجزا حین جای دهی در قالب می‌باشد. هنگامی که شرایط آرماتوربندی به‌گونه‌ای باشد که نیازمند عبور بتن از فضاهای کوچک باشد، بتن خودمتراکم مذکور باید پایداری دینامیکی کافی داشته باشد. پایداری استاتیکی، نشانگر مقاومت بتن در برابر آب انداختگی، جداشدگی و نشست سطحی بعد از بتن ریزی و در حالی که بتن هنوز در حالت خمیری است، می‌باشد. در اغلب موارد، افزودنی اصلاح‌کنندهٔ لزجت یا مقدار مواد پودری زیاد برای بهبود پایداری بتن تازه استفاده می‌شود. افزودنی اصلاح‌کنندهٔ لزجت برای بهبود رئولوژی مصالح سیمانی در حالت خمیری و کاهش خطر جداشدگی مورد استفاده قرار می‌گیرد. برخلاف بتن معمولی، حادترین نوع جداشدگی در بتن خودمتراکم هنگامی رخ می‌دهد که عملیات بتن ریزی انجام شده‌است و مخلوط بتنی در حالت سکون قرار دارد. در واقع در صورتی که مخلوط بتن از پایداری کافی برخوردار نباشد، سنگدانه‌های درشت تمایل به ته‌نشینی در ملات پیدا می‌کنند و حاصل کار بتن ناهمگن با خواص نامطلوب خواهد بود.[۴][۵][۶]

مزایای بتن خودمتراکم

کاربرد صحیح بتن خودمتراکم می‌تواند تأثیرات مثبت فراوانی بر روند ساخت سازه‌های بتنی داشته باشد. «افزایش بهره‌وری» یکی از موارد مهمی است که با استفاده از بتن خودمتراکم می‌توان به آن دست پیدا کرد. باید توجه داشت که در کنار تلاش برای کاهش هزینه‌ها، افزایش بهره‌وری در امر بتن ریزی نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این مسئله برای تمام رده‌های کاربرد، از پروژه‌های معمولی تا پیچیده‌ترین سازه‌ها، صادق است. مسئله بتن ریزی و تراکم در قسمت‌هایی از سازه که در آن‌ها بتن با مقاومت متوسط و مخصوصاً بتن پرمقاومت استفاده می‌شود، دارای اهمیت بیشتری است. به‌عنوان نمونه در اجزایی مانند دیوار برشی و ستون که معمولاً دارای تراکم زیاد آرماتور و ابعاد کوچک مقطع بتن ریزی می‌باشند، تراکم ناکافی ناشی از فاصلهٔ کم آرماتورها می‌تواند منجر به پیدایش نقاط ضعف در عضو بتنی شود. حذف کامل عملیات تراکم با به‌کارگیری بتن خودمتراکم، باعث افزایش سرعت کار و کاهش هزینه‌ها می‌شود که نتیجهٔ آن افزایش بهره‌وری است. افزایش سرعت بتن ریزی نه تنها از منظر کاهش هزینه‌ها، بلکه از بُعد کاهش کل زمان ساخت حائز اهمیت است. بر این اساس، به‌کارگیری بتن خودمتراکم می‌تواند از طریق کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری نقش کلیدی در ارتقای جایگاه صنعت بتن در عرصهٔ ساخت‌وساز داشته باشد. استفاده از بتن خودمتراکم افزایش بهره‌وری را در حمل‌ونقل و بتن‌ریزی، علاوه بر فرایند تراکم، ممکن می‌سازد. رفتار شبه مایعِ بتن خودمتراکم تازه سبب می‌شود بتوان روش‌های جدیدی را برای پمپ کردن بتن و هدایت آن به درون قالب بکار گرفت؛ مسئله‌ای که باعث پیدایش روش‌های نوین بتن ریزی شده‌است که نمونه‌های موفقی از به‌کارگیری آن‌ها در کشور ژاپن موجود است. با حذف نیاز به تراکم خارجی و وجود قابلیت جریان، درجهٔ بالاتری از اتوماسیون و صنعتی‌سازی در ساخت سازه‌های بتنی دست یافتنی است. این مسئله منجر به

تحول سامانه‌های تولید (مخصوصاً در صنعت پیش ساختگی) و در نهایت افزایش بیش از پیش بهره‌وری در روند ساخت‌وساز می‌گردد. «افزایش همگنی» یکی دیگر از مزایای مهم استفاده از بتن خودمتراکم می‌باشد. در واقع یکی از نگرانی‌های اصلی که موجب پیدایش بتن خودمتراکم شد، کاهش دوام بتن به دلیل ناهمگنی اعضای بتنی بود. در بسیاری از سازه‌ها نیاز به بهبود عملکرد سازه‌ای و متعاقباً افزایش حجم آرماتور مصرفی در بتن، باعث ایجاد مشکلاتی در روند عملیات بتن‌ریزی و تراکم می‌شود که نتیجهٔ امر، تراکم ناکافی و ناهمگنی بتن خواهد بود. حتی در سازه‌های معمولی و در حجم کم آرماتور نیز استفاده از نیروی انسانی آموزش ندیده و عدم اعمال نظارت دقیق بر روند تراکم بتن باعث بروز این مشکلات می‌شود؛ بنابراین بهبود کیفیت عضو بتنی با تراکم زیاد آرماتور از طریق به‌کارگیری بتنی که خود انجام عملیات تراکم را تضمین نماید و با برخورداری از خصوصیت «پایداری» همگنی را در قسمت‌های مختلف فراهم کند، یک هدف مهم از تولید و به‌کارگیری بتن خودمتراکم می‌باشد. علاوه بر موارد مطرح شده، بتن خودمتراکم مزایای دیگری را نیز در اختیار سازندگان قرار می‌دهد. به‌طور خلاصه موارد زیر را می‌توان به‌عنوان مزایای اصلی استفاده از این نوع بتن ذکر نمود:

1. افزایش سرعت اجرای سازه‌های بتنی و تسریع پیشرفت کار
2. بهبود کیفیت ساخت - به دلیل اطمینان از تراکم کافی در مناطق با تراکم زیاد آرماتور
3. کاهش آلودگی صوتی و توجه بیشتر به مسائل ایمنی و زیست‌محیطی در محیط کار- با توجه به حجم زیاد صدا ناشی از عملیات تراکم حین بتن‌ریزی و نیز در نظر گرفتن خطر ابتلای کارگران به سندروم انگشت سفید
4. صرفه جویی اقتصادی- علی‌رغم هزینهٔ بیشتر مواد و مصالح مورد استفاده برای ساخت بتن خودمتراکم، در بسیاری موارد در نتیجهٔ کاهش هزینه‌های تجهیزات و نیروی انسانی از قبیل عوامل تراکم، نظارت و غیره، استفاده از بتن خودمتراکم سبب کاهش مجموع هزینه‌ها می‌شود
5. کمک به معماری سازه با توجه به شکل‌پذیری بیشتر- با توجه به روانی فوق‌العادهٔ بتن خودمتراکم انواع قالب متنوع‌تری را می‌توان برای بتن‌ریزی استفاده و اجزای معماری گسترده‌تری را با توجه به مسائل زیباشناختی اجرا نمود
6. بهبود دوام بتن در نتیجهٔ تراکم بهتر بتن تازه
7. آزادی بیشتر در طراحی سازه- به دلیل میسر شدن اجرای سازه‌های بتنی ظریف و سنگین و انتخاب مقاطع کوچک با آرماتورهای انبوه
8. سطح تمام‌شدهٔ بهتر و ارتقای کیفیت محصول نهایی
9. کمک به توسعهٔ صنعت پیش ساختگی قطعات بتنی
10. افزایش ایمنی در کارگاه- استفاده از بتن خودمتراکم به میزان زیادی خستگی و تنش‌های فیزیکی کارگران را کاهش می‌دهد و با پایین آوردن احتمال خطرات و صدمات فیزیکی، ایمنی کارگاه را افزایش می‌دهد

قابل ذکر است که همانند هر پدیدهٔ دیگر، استفاده از بتن خودمتراکم نیز می‌تواند دشواری‌ها و معایبی داشته باشد. افزایش هزینهٔ مصالح، حساسیت زیاد در برابر تغییرات ویژگی‌های مواد و مصالح، نیاز به کنترل دقیق بتن در حالت تازه، افزایش هزینهٔ قالب بندی به دلیل فشار احتمالی بالاتر وارده و نیاز به مهارت زیاد برای تهیه و کنترل مخلوط‌های بتنی از مواردی هستند که باعث می‌گردد کاربرد بتن خودمتراکم در هر پروژه‌ای توصیه نشود. تجزیه‌وتحلیل مسائل اجرایی و اقتصادی، درک درست شرایط خاص هر پروژه و در نهایت قضاوت مهندسی صحیح می‌تواند منجر به استفادهٔ بجا از این نوع بتن و بهره‌مندی از مزایای آن گردد

طرح اختلاط

در طرح اختلاط ابتدا نوع عضو را انتخاب می‌کنیم «تیر - ستون - دال - دیوار برشی» سپس عدد اسلامپ را انتخاب کرده و نسبت آب به سیمان را تعیین می‌کنیم. در انتها با توجه به حجم بتن مصرفی و وزن مخصوص ماسه، سیمان، آب و شن مقدار شن و ماسه را بدست می‌آوریم.

خصوصیات بتن خودمتراکم

خواص بتن تازه در بتن‌های خودمتراکم از حساسیت بیشتری نسبت به انواع دیگر برخوردار است زیرا مزایای این بتن غالباً از خواص آن در حالت تازه ناشی می‌گردد و به همین دلیل نیز آزمایش‌های خاصی برای ارزیابی رفتار بتن خودمتراکم تازه بکار گرفته می‌شود. بتن خودمتراکم در حالت تازه عموماً با سه ویژگی زیر شناخته می‌شود:

- قابلیت پر کردن
- قابلیت عبور
- مقاومت در برابر جداشدگی (پایداری)

ویژگی‌های مصالح

1. سنگدانه‌ها:حداکثر اندازه سنگدانه‌های به کار رفته در این نوع بتن بستگی به کاربرد عملی آن دارد ولی عموماً حداکثر اندازه آن به ۲۰میلی‌متر می‌رسد.

سنگدانه‌ها به دو دسته تقسیم می‌شوند:

- ماسه:تمام ماسه‌های متداول در تولید بتن معمولی در این صنعت نیز به کار می‌رود. هر دو ماسه شسته و گوشه گرد اعم از سیلیسی یا آهکی می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد. ذرات کوچکتر از ۰،۱۲۵ میلی‌متر که به عنوان «پودر» تلقی می‌شوند بر خواص روانی **S.C.C** بسیار مؤثر است و به منظور تولید بتن یکنواخت، رطوبت آن باید دقیقاً کنترل شودحداقل میزان ریزدانه‌ها (از ماسه تا مواد چسباننده پودری) به منظور جلوگیری از جداشدگی دانه بندی ضروری است.
- شن (درشت دانه‌ها):تمامی انواع درشت دانه‌ها در اینجا به کار می‌روند ولی حد اکثر اندازه معمولی دانه‌ها (۱۶–۲۰) میلی‌متر می‌باشد. به هر حال سنگدانه‌های تاحدود ۴۰میلی‌متر می‌تواند در بتن خود متراکم به کار رود.

استفاده از سنگدانه‌های شکسته سبب افزایش مقاومت بتن خودمتراکم می‌شود (به دلیل افزایش قفل و بست بین ذرات) می‌شود و در حالی که سنگدانه‌های گرد گوشه به دلیل کاهش اصطکاک داخلی روانی آن را اصلاح می‌کند. استفاده از دانه بندی گسسته به‌طور معمول به دلیل کاهش اصطکاک داخلی روانی آن را اصلاح می‌کنند. استفاده از دانه بندی گسسته به‌طور معمول به دلیل کاهش اصطکاک داخلی و افزایش روانی نسبت به دانه بندی پیوسته مطلوب تر می‌باشد.

چالش‌های کاربرد گستردهٔ بتن خودمتراکم در ایران

با اینکه در ابتدا بتن خودمتراکم در زمرهٔ بتن‌های خاص و پیچیده محسوب می‌شد، توانایی‌ها و مشخصات فوق‌العاده، این نوع بتن را به سرعت به یکی از انواع پرکاربرد در کشورهای پیشرفتهٔ دنیا تبدیل کرد. با این حال، در کشورهایی مانند کشور ایران، هنوز این بتن یک فناوری جدید در عرصهٔ ساخت و ساز به‌شمار می‌آید و می‌توان گفت استفاده از آن هنوز محدود می‌باشد و آشنایی و دانش کافی دربارهٔ آن نزد اغلب مهندسین وجود ندارد. با این حال با پایان موفقیت‌آمیز چند پروژهٔ عمرانی بزرگ همانند پروژهٔ بزرگراه طبقاتی شهید صدر در تهران به نظر می‌رسد با آشنایی تدریجی سازندگان ایرانی با روش‌های اجرا و مزایا و معایب بتن خودمتراکم در چنین پروژه‌های عظیمی، می‌توان در آینده شاهد استقبال مهندسین از این محصول نوین، اجتناب از بکارگیری مصالح و روش‌های سنتی و هزینه بر و در نهایت ارتقای کیفیت سازه‌های بتنی بود

خزش در بتن

رابطه بین تنش و تغییر شکل نسبی بتن تابعی از زمان است که افزایش تغییر شکل نسبی به مرور زمان تحت اثر بار ثابت خزش نامیده می‌شود. از آنجا که این افزایش می‌تواند چندین برابر بزرگتر از تغییر شکل نسبی هنگام بارگذاری باشد، لذا پدیده خزش نقش نسبتاً مهمی در رفتار سازه‌ها خواهد داشت. بزرگی خزش و نرخ پیشرفت آن تحت تأثیر فاکتورهای زیادی هستند، بعضی از این فاکتورها ناشی از خواص مخلوط سیمان بوده و برخی به شرایط بارگذاری و محیطی بستگی دارند. با توجه به اینکه خزش به میزان تنش نیز بستگی دارد، هنگامی که تنش تحمل شده کمتر از حدوداً نیمی از مقاومت فشاری بتن باشد، کرنش خزشی تقریباً متناسب با میزان تنش بوده و خزش خطی خوانده می‌شود. در سطوح بالاتر تنش، خزش با نرخ سریعتری افزایش می‌یابد و نسبت

به تنش غیرخطی می‌شود. این رفتار غیرخطی خزش در سطوح بالای تنش، مرتبط با افزایش میکروترک‌ها تلقی می‌شود. تنش‌های فشاری به ندرت در ساز ه‌های بتنی در بارهای سرویس از نصف مقاومت فشاری فراتر می‌روند و لذا اثرات خزش غیرخطی از اهمیت کمتری نسبت به خزش خطی برخوردار است.[۱۱]

رئولوژی بتن خودمتراکم

مخلوط بتن SCC سیال تر از مخلوط بتن معمولی است؛ بنابراین روشی که توسط آن شناسایی می‌شود نیازمند یک دیدگاه متفاوت و تکنیک اندازه‌گیری جدید می‌باشد. رئولوژی بتن علمی است که به بررسی جریان بتن می‌پردازد. اگرچه ویژگی‌های تازه بتن در حوزه رئولوژیکی از سوی Tattersall و Banfill (اوایل ۱۹۸۰) بیان شده‌اند، SCC در حال حاضر بتنی به صنعت ارائه نموده‌است که مبنای واقعی آن بر اساس ویژگی‌های رئولوژیکی ساخته شده‌است.

در SCC ویژگی‌های یک سیال مخلوط بتن شامل رئولوژی آن می‌باشد؛ و مقادیر زیاد آن به ما کمک کرده تا عملکرد آن را در روشن بنیادین شناخته و متمایز کنیم. مدل‌های رئولوژیکی متعددی وجود دارند، اما اکثر شواهد نشان می‌دهد رئولوژی بتن باید مطابق با مدل بینگهام توصیف شود. این مدل دو تعریف ثابت را در جریان (روانی) مواد پیشنهاد می‌دهد، تنش تسلیم که به مقدار نیروی لازم جهت شروع جریان یک ماده اطلاق می‌شود و ویسکوزیته پلاستیک که به عنوان مقاومت داخلی مواد در برابر جریان تعریف می‌شود.

رئومتر: رئومتر در واقع یک ابزار آزمایشگاهی است که بر خلاف وسکومترها جهت اندازه‌گیری برخی مشخصه‌های افزایش از جمله ویسکوزیته بتن، سرعت برشی و تنش برشی به کار می‌رود. سازوکار عملکرد این وسیله به این صورت است که در آن از طریق بررسی توان مورد نیاز برای چرخش یک سطح و پره در داخل نمونه، پارامترهایی چون ویسکوزیته دینامیک اندازه‌گیری می‌شود.

مفهوم ویسکوزیته

قبل از اینکه وارد بحث بشییم بهتر است بدانیم که ویسکوزیته به مقاومت در برابر جاری شدن را گویند. میتوان گفت وقتی یک سیال میخواهد جاری شود به دلیل اصطکاک بین لایه‌های سیال مقاومت در برابر جاری شدن را نشون میده یا میشه گفت لایه‌های سیال به دلیل جاذبه بین لایه‌ها نمیخان جاری شن که همه اینا همون ویسکوز بودن سیال است و این یکی از خاصییت سیالات است مثل جامدات که خاصییت الاستیک دارند.

زمانی که فرد مخلوط بتن را در سطح هم بزند، هرچه بخواهد سریع تر مخلوط کند، تنش بیشتری بر بازوی وی اعمال می‌شود و این هم زدن دشوارتر می‌شود. داده‌های رئولوژیکی از طریق طراحی یک خط مناسب به وسیله مجموعه ای از نقاط به دست می‌آید. نقطه برون یابی شده نقطه ای است که که در آن مخلوط درحالت تسلیم قرار گرفته و شروع به جاری شدن می‌کند.

همان‌طور که قبلاً بدان اشاره شد، علاوه بر تنش تسلیم، ویسکوزیته پلاستیک یک مخلوط بتن می‌تواند با استفاده از رئومتر تعیین شود. ACI 238 ویسکوزیته را به صورت مقاومت یک سیال در برابر تغییر شکل، تحت تنش برشی تعریف می‌کند.

در مورد بتن، این پارامترها از طریق کاربرد یک رئومتر بتن اندازه‌گیری می‌شوند که چند نوع از آن‌ها با نام تجاری رئومان ۱۱۰ و ۱۱۸ توسط شرکت توسعه پایدار سلمان تجاری سازی شده‌است. چیزی که در این مورد برای متخصص یا کارشناس بتن معنی می‌دهد این است که **مخلوط اگرچه کم و بیش سیال است، کم و بیش چسبناک نیز می‌باشد.** تفاوت بین عسل و آب را در نظر بگیرید، هر دو سیال‌هایی هستند با تنش تسلیم صفر یا نزدیک به صفر. اما عسل دارای ویسکوزیته بالاتر از آب است.

ویسکوزیته بتن خود متراکم بسته به نوع مواد، نسبت اختلاط مواد و افزودنی‌ها، متفاوت می‌باشد. بعضی از این ترکیبات می‌توانند از ویسکوزیته پلاستیک بالاتر همانند عسل برخوردار باشند، در حالی که سایر ترکیبات ویکوزیته پایین‌تری دارند و این زمانی مهم خواهد بود که بتواند ویژگی عملکردی معینی از قبیل مقاومت در برابر تفکیک را تحت تأثیر قرار دهد. پس به لحاظ رئولوژیکی ترکیبات SCC دارای یک تنش تسلیم پایین همچنین ویسکوزیته ای که میزان آن برای کاربردهای مختلف، متفاوت است، می‌باشد.

بتن خود متراکم در ایران

بتن خود متراکم یک عرضه پویا در زمینه ساخت و ساز در دنیاست، با توجه به این موضوع دانشکده عمران دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل اولین تجلی گاه ظهور بتن خود تراکم در ایران شد که دانشجویان کارشناسی ارشدو دکتری زیر نظر دکتر برنجیان و علی بیگی اعضای هیئت علمی به این مهم دست پیدا کردند.

منابع

1. ↑ پرش به بالا به: ۱۰۰ ۱۰۱ علی اکبر رمضانیان پور، علی کاظمیان، "بتن خودتراکم، فناوری و کاربرد"، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، 1389.
2. ↑ De Schutter, G. , Bartos, P. J. M. , Domone, P. L. , Gibbs, J. Self-Compacting Concrete, Whittles Publishing, Dunbeath, Scotland, UK, 2008
3. ↑ پرش به بالا به: ۳۰۰ ۳۰۱ ACI 237R-07 Self-Consolidating Concrete, American Concrete Institute, 2007.
4. ↑ مهتا، ک. مونته‌ایرو، پ. "ریزساختار، خواص، و اجزای بتن "، ترجمهٔ دکتر علی اکبر رمضانیان پور، دکتر پرویز قدوسی و دکتر اسماعیل گنجیان، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، 1388.
5. ↑ پرش به بالا به: ۵۰۰ ۵۰۱ ACI 237R-07, "Self-Consolidating Concrete", American Concrete Institute, 2007.
6. ↑ EFNARC, "Specification and guidelines for Self Compacting Concrete", http://efnarc.org, 2002.
7. ↑ فروغی اصل، ع. فامیلی، ه. "بررسی ویژگی‌های عمومی بتن خودتراکم و دلایل گسترش آن در دنیا"، اولین کارگاه تخصصی بتن خودتراکم، دانشگاه تهران، تهران، ایران، 1385
8. ↑ میردامادی، ع. یادگاران، ا. بنکدار، ا. شکرچی‌زاده، م. "خصوصیات بتن خودتراکم مورد استفاده در پروژه توسعه حرم حضرت معصومه (س)"، اولین کارگاه تخصصی بتن خودتراکم، دانشگاه تهران، تهران، ایران، 1385.
9. ↑ De Schutter, G. , Bartos, P. J. M. , Domone, P. L. , Gibbs, J. Self-Compacting Concrete, Whittles Publishing, Dunbeath, Scotland, UK, 2008.
10. ↑ EFNARC, "Specification and guidelines for Self Compacting Concrete", http://efnarc.org, 2002.
11. ↑ بررسی آزمایشگاهی خزش در بتن خود، منیره سنگی وهمکاران.
12. ↑ بتن خود متراکم، دکتر پرویز قدوسی و همکاران

بتن اسفنجی اتوکلاوی

بلوک سبک بتنی هوادار اتوکلاو شده یا **بتن هوادار اتوکلاوی** (Autoclaved Aerated Concrete - AAC) همان بتن گازی سبک یا متخلخل می‌باشد. این نام برای بتن هوادار تولید شده در اروپا در نظر گرفته شده‌است. در سال ۱۹۲۴ میلادی توسط مهندس آرشیتکت سوئدی اختراع و به جامعه مهندسین معرفی گردید. این بتن هم‌اکنون در اروپا و آمریکا به نام‌های تجاری HEBEL , YTONG یا Siporex ارائه می‌شود و در ساخت و ساز نیز بسیار از آن استفاده می‌شود. این بتن در صنعت ساختمان‌سازی به هبلکس یا سیپورکس و آران لکس معروف است ساخت این محصول به روش اختلاط و پخت مواد اولیه انجام می‌گیرد.Johan Axel Erikson مهندس آرشیتکت سوئدی پس از آزمایش‌ها متعدد دریافت که اگر عمل آوری این مواد در حرارت و فشار زیاد انجام شود، یک محصول بتنی متخلخل با مقاومت بالا به دست می‌آید که به علت وجود حباب‌های گاز در آن،

یک عایق خوب نیز محسوب می‌شود. این محصول پس از تغییراتی در فرمولاسیون Autoclaved Aerated Concrete و به اختصار AAC نام گرفت. در حدود ۱۹۴۳ آلمانی‌ها نیز از این تکنولوژی استفاده کرده و AAC را تحت نام‌های تجاری مختلف تولید کردند. همگام با سوئد و آلمان، انگلستان نیز خاکستر را جایگزین سیلیس کرد و مدت زیادی است که بلوک AAC تولید شده را در صنعت ساختمان استفاده می‌کنند. در حال حاضر، با تغییرات کوچک در فرمولاسیون و فرایند مربوط به AAC، تغییرات چشمگیری در ساختار آن فراهم آمده و این تغییرات موجب تقویت ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی AAC شده‌است. در سال‌های اخیر بیش از ۴۵۰ تولیدکننده در ۴۱ کشور جهان AAC را تولید و به بازار عرضه می‌کنند

محتویات

- ۱ مواد اولیه
- ۲ نحوه تولید
- ۳ خط تولید
- ۴ مزایا
- ۵ دستورالعمل‌ها
- ۶ ملات مورد نیاز
  - ۶,۱ ملات ماسه و سیمان
  - ۶,۲ چسب بلوک
- ۷ جذب آب
- ۸ منابع

مواد اولیه

مواد اصلی تشکیل دهنده بتن هوادار اتوکلاوی، ماسه سیلیسی، آهک، سیمان، آب هستند، موادی طبیعی که به وفور یافت می‌شوند. این ترکیب قابل بازیافت و برگرداندن به چرخه تولید هستند.

نحوه تولید

مهمترین مواد اولیه این نوع بتن سیلیس است که همراه آب به صورت دوغاب درآورده می‌شود و همچنین آهک پخته شده و سیمان می‌باشد و در میکسرهای مخصوص در مدت زمان معلوم می‌باشد و سپس در قالب‌های مورد نظر ریخته خواهند شد.
در حال حاضر بزرگ ترین مرکز بخش و فروش بتن اسفنجی یا همان بلوک هبلکس در شهرستان ورامین صورت میگیرد . این شهرستان با نزدیک بودن به بیشتر شهر ها امکان ارسال به تمام استان های ایران را دارد . این مرکز که به انبار بخش هبلکس بلالی نیز معروف است به‌طور کلی بلوک AAC مخلوطی از سیلیس، سیمان، آهک و مقداری پودر آلومینیوم می‌باشد که در حرارت ۲۰۰ درجه سانتی گراد پخته شده و در ابعاد ۶۰*۲۵*۱۰ ،۶۰*۲۵*۱۲٫۵ ،۶۰*۲۵*۱۵ ،۶۰*۲۵*۲۰ ،۶۰*۲۵*۲۵،
۶۰*۲۵*۳۰ سانتی‌متر و همچنین بسته به نیاز مشتری متغیر تولید می‌شود

خط تولید

سیلیس از مهم‌ترین مواد اولیه بتن سبک AAC می‌باشد و از معادن داخل کشور تهیه می‌شود، آهک نیز به صورت فرآوری شده و پخته شده به داخل کارخانه حمل می‌گردد. در خط تولید بتن سبک یاAAC سه سیلوی نگهداری مواد اولیه وجود دارد که عبارتند از: سیلوی سیلیس، سیلوی آهک و سیلوی سیمان، که مواد اولیه پس از نگهداری در این سیلوها به تدریج وارد خط تولید می‌شوند. سیلیس، آهک و سیمان به وسیلهٔ الواتورهای مخصوص از سطح زیرین سیلوها به داخل آن‌ها منتقل و در مدت زمان مشخص وارد خط تولید می‌شوند.در نخستین مرحله از تولید بتن سبک، مواد اولیه شامل سیلیس و آب به صورت دوغاب یا گل درآورده می‌شود مواد مورد مصرف شامل سیلیس، آهک و سیمان به صورت خشک پس از توزین مخلوط می‌شوند و در واقع دو آسیاب در

این مرحله وجود دارد (آسیاب مواد تر) و (مواد خشک) که پس از مخلوط شدن و فرآوری، مواد به محل قالب ریزی انتقال داده می‌شوند. پیش از آنکه مواد به قسمت قالب ریزی انتقال یابند به‌دقت توزین شده و در میکسرهای مخصوصی در مدت زمان لازم و مشخص مخلوط می‌شوند. مرحله بعدی کار مرحله قالب ریزی مواد است که مواد مخلوط شده در داخل قالب‌هایی که هر کدام تقریباً ۳ متر معکب گنجایش دارند ریخته می‌شوند.. این مواد پس فعل و انفعالات شیمیایی در زمانی مشخص به صورت قالب‌های مورد نظر در می‌آیند این زمان حدود ۳،۵ ساعت به درازا می‌کشد. اینک زمان آن رسیده‌است تا قالب‌های تولیدی را به خط ریخته‌گری انتقال دهند؛ این قالب‌ها به وسیلهٔ شیفتر به خط ریخته‌گری کارخانه برده می‌شوند تا این مرحله از کار انجام شود. قالب‌های تولیدی را بامازوت، اندود می‌کنند تا در مرحله ریخته‌گری چسبندگی ایجاد نشود. میزان حرارت موجود و آمادگی قالب‌ها برای خط برش به وسیلهٔ متخصصان کارخانه اندازه‌گیری می‌شود تا پس از اعلام آمادگی قالب‌ها به خط برش منتقل شود. بعلت تغییراتی که می‌تواند در مواد اولیه رخ دهد، این مواد پیش از ورود به خط، کنترل شده و آزمایش‌های شیمیایی روی آن‌ها انجام می‌شود و پس از ورود به خط نیز بنا به کیفیتی که درون قالب‌ها دارد، تحت آزمایش و کنترل کیفی قرار می‌گیرند. در این بخش از کارخانه سطح خارجی قالب‌ها برداشته می‌شود تا یک سطح هموار و مشخصی از تمام قالب‌ها نمایان گردد در این قسمت دیوارهای جانبی قالب‌ها جدا و از واگن‌ها جدا می‌شوند و آنگاه به بخش برش انتقال می‌یابند. در این بخش پس از دیواره برداری از قالب‌ها، ابتدا برش‌های عرضی به قالب‌ها داده می‌شود و آنگاه با دستگاه‌های برش و با دقت و توجه خاص کارکنان و متخصصان کارخانه برش‌های طولی قالب‌ها انجام خواهد شد. اندازه برش‌های طولی و عرضی قالب‌ها بسته به تقاضای مصرف‌کنندگان و بازار مصرف آن دارد که قابل تنظیم و تغییر خواهد بود. پس از مرحله برش، قالب‌ها بر روی واگن‌های مخصوصی قرار می‌گیرند تا به بخش بلوکی که مرحله پخت قالب هاست انتقال یابد. قالب‌های محصول در مرحله پخت وارد اتو کلاوها می‌شوند و در حرارت ۲۰۰ درجه سانتی گراد و با فشار ۱۲ اتمسفر پخته و عمل آوری می‌گردد. قالب‌ها در اتوکلاوها و پخت کامل به بخش بارانداز محصولات آماده تحویل انتقال می‌یابند تا به تدریج به بازار مصرف عرضه شود.

مزایا

مزایای فنی : سبکی وزن، عایق در برابر حرارت، عایق در برابر برودت، عایق در برابر صدا، استحکام و پایداری در مقابل زلزله، آتش‌سوزی و بسیاری مزایای دیگر از محاسن بلوک‌های بلوک AAC نسبت به سایر مصالح قدیمی نظیر آجرهای معمولی و آجرهای سفال می‌باشد.

مزایای اجرایی:با توجه به ابعاد و سبکی و راحتی نصب بلوک‌های AAC در همه ضخامت‌ها، سرعت اجرا نسبت به سایر مصالح به ۳ برابر بالغ می‌گردد.

مزایای اقتصادی : پروژه‌های ساختمانی با استفاده از بلوک‌های AAC با در نظر گرفتن سرعت اجرا، به دستمزد کمتری احتیاج و همچنین استفاده از AAC به سبب مصرف ملات کمتر و نیز کاهش بارهای وارده به سازه به دلیل وزن کم دیوارها که موجب کاهش ابعاد سازه می‌شود، صرفه جویی قابل ملاحظه‌ای را در هزینه مصالح مصرفی موجب می‌گردد. همچنین این مصالح با وجود تخلخل‌هایی از حباب‌های ریز شرایط مناسبی به منظور جلوگیری از هدر رفت انرژی ساختمان داشته باشد و به عبارت دیگر می‌تواند عایق هوشمند صوت و حرارت باشد. به علاوه در مقایسه میان مصالح سنتی و AACاقلام زیر نیز قابل توجه می‌باشد: سرعت زیاد دیوارچینی با بلوک AAC، سرعت زیاد کارهای تأسیساتی، کاهش مقاطع ساختمانی به هنگام محاسبه و صرفه جویی قابل ملاحظه در سازه‌های فلزی و بتنی. به علاوه استفاده از AAC موجب صرفه جویی چشمگیری در انرژی برای سرمایش و گرمایش ساختمان بعد از احداث می‌شود. همچنین ضایعات کلاً به عنوان پوکه مورد استفاده قرار می‌گیرد در حالیکه ضایعات زیاد آجر عملاً بلا استفاده می‌ماند

مزایا کلی

- سازگاری با محیط زیست
- مقاوم در برابر بارهای ناشی از باد و طوفان‌های شدید و زلزله

معایب

یکی از مهم‌ترین عیوب بتن هبلکس این است که نمی‌توان از آن به عنوان اجزا باربر از دیوارهای هبلکس استفاده کرد و برای باربر کردن این دیوارها باید ضخامت دیوارها را بیشتر کرد که این امر مقرون به صرف نیست.

دستورالعمل‌ها

- بتن هوادار اتوکلاوشده (AAC) همگونی کامل با انواع ملات (ماسه، سیمان، گچ، خاک) را دارد.
- ملات مصرفی از آب کافی برخوردار باشد.
- پس از اجرای کامل دیوارها جهت اجرای صحیح گچ باید سطح دیوارها آب پاشی شود و فاصله بین مرطوب کردن دیوارها و انجام عملیات مورد نظر از یک ساعت تجاوز کند.
- به دلیل خواص مکانیکی و ترموفیزیکی متفاوت مصالح ساختمانی از بکار بردن هم‌زمان بلوک سیپورکس با سایر مصالح ساختمانی مانند آجر، بلوک سفالی، بلوک سیمانی در دیوارها خوداری شود.
- جهت برش قطعات می‌توان از وسایلی مانند تیشه و اره چوب بری، شیارزن استفاده نمود.
- به منظور نصب وسایل بر روی دیوار (قاب عکس، تابلو) می‌توان از پیچ و رول پلاک استفاده نمود.
- به منظور نصب تأسیسات مکانیکی و الکترونیکی به راحتی توسط یک دستگاه برش (فرز) می‌توان مسیر عبور را در داخل بلوک‌ها تعبیه نمود.

مقاومت حرارتی عالی AAC نقشی بزرگ را برای حفاظت محیط توسط کاهش ظرفیت نیاز به هوای گرم یا خنک در ساختمان‌ها برعهده دارد. به اضافه اینکه قابلیت استفاده راحت از این محصول، برش درست آن را باعث می‌شود که این تولید ضایعات سخت در حین مصرف را به حداقل می‌رساند.

بر خلاف دیگر مواد ساختمانی AAC می‌تواند نیاز به استفاده از عوامل ایزولاسیون در ساختمان را که باعث افزایش تأثیر بر محیط و قیمت محصول می‌شود را منتفی نماید. شن کوارتز، آهک یا سیمان به مثابه عامل پیوندکننده، پودر آلومینیوم به نسبت ۵ درصد (با توجه به دانسیته از قبل طراحی شده) و آب زمانی که مخلوط شده و در قالب‌ها ریخته می‌شوند باعث پیدایش واکنش‌های متعدد شیمیایی می‌شوند که وزن سبک و خواص حرارتی AAC را تأمین می‌کنند. پودر آلومینیوم با هیدروکسید کلسیم و آب وارد واکنش شده و هیدروژن تولید می‌کند. گاز هیدروژن مخلوط خام را تا دو برابر حجم فوم می‌نماید (توسط حباب‌های گازی باقطر حدود یک‌هشتم اینچ) در پایان پروسس فرمینگ هیدروژن به اتمسفر گریخته و توسط هوا جایگزین می‌شود. زمانی که فوم‌ها از مواد جدا می‌شوند محصول جامد ولی هنوز نرم است که به‌شکل پنل و بلوک بریده شده و برای مدت ۱۲ساعت در اتاقک اتوکلاو قرار داده می‌شود. در شرایط فشار بخار، پروسه سخت شدن تا زمانی که درجه حرارت به ۱۸۰°C و فشار به ۱۲ bar می‌رسد ادامه می‌یابد. دانه‌های کوارتز باهیدوکسید کلسیم واکنش داده و کلسیم سیلیکوهیدرات تولید می‌نماید که این عاملی است که مقاومت بالا و خواص مشهود AAC را به وجود می‌آورد. کار کردن با بتن سبک بسیار آسان است مثلاً به راحتی می‌توان آن را اره نموده یا میخ در آن کوبیده شود یا جای پریز یا کانال عبور سیم برق و لوله آن در آن به وجود آورد. علاوه بر این بتن سبک در مقابل آتش بسیار مقاوم است و کلیه شرایط سلامت محیط زیست را دارا می‌باشد. کار کردن با این نوع بتن‌های سبک نیاز به تخصص خاصی ندارد. با توجه به ابعاد و سهولت کار، سرعت اجرا نیز نسبت به آجر و سفال تا ۲ الی ۳ برابر افزایش می‌یابد.

ملات مورد نیاز

ملات ماسه و سیمان

با توجه به اینکه بلوک‌های AAC از نوع بتن سبک می‌باشد و همگونی کاملی با ملات ماسه و سیمان دارد می‌توان نسبت ترکیب را ۵ یا ۶ به یک تبدیل و در مصرف سیمان صرفه جویی بیشتری نمود. در مواردیکه عایق بندی‌های مورد اجرا با آب و رطوبت سر و کاری نداشته باشد (مثل دیوار اتاق خواب...) می‌توان از ملات گچ و خاک (به لحاظ صرفه حویی اقتصادی) نیز استفاده نمود.

چسب بلوک

چسب مخصوص بلوک هوادار اتوکلاو شده باعث افزایش سرعت اجرا و کاهش پل حرارتی ملات ماسه سیمان می‌گردد.

جذب آب

با توجه به متخلخل بودن بلوک‌های AAC، نم و رطوبت توسط این بلوک‌ها منتقل نمی‌شود. در حالی که این بلوک‌ها نم و رطوبت را منتقل نمی‌کنند و در سطح بلوک آب کمتری را نسبت به مصالح مشابه جذب می‌کنند. اجرای تأسیسات و نماسازی (اعم از لوله، کابینت، سنگ، سرامیک) به راحتی بر روی این‌گونه بتن قابل اجرا می‌باشد.

از سال ۱۹۸۰ توسعه‌ای جهانی در مصرف AAC و احداث کارخانجات جدید در آمریکا، اروپای شرقی، چین، بحرین، روسیه، هند و استرالیا به وجود آمد. این محصول به‌طور روزافزونی توسط تولیدکنندگان، معماران و سازندگان خانه استفاده می‌شود.

منابع

1. ↑ پرش به بالا به: ۱۰۰ ۱۰۱ مجتبی مغربی، جایگزین کردن مصالح سبک و ارزان به جای آجر، دهمین کنفرانس دانشجویی مهندسی عمران،1382
2. ↑ http://www.xella.com/en/content/hebel.php
3. ↑ پرش به بالا به: ۳۰۰ ۳۰۱ Xella Aircrete North America, Inc. (2009). Building The Future with Hebel Autoclaved Aerated Concrete. From http://www.hebel-usa.com
4. ↑ Autoclaved Aerated Concrete structure is a site that presents the full text of many essential works in the Autoclaved Aerated Concrete Construction and Consultation Services, (http://www.aacstructures.com)
5. ↑ سید حسین حسینی، اثرات عایق‌سازی حرارتی جداره‌های ساختمانی ساخته شده با مصالح جدید در کاهش مصرف سوخت، اولین همایش منطقه‌ای عمران و معماری،1390
6. ↑ *«نسخه آرشیو شده». بایگانی‌شده از اصلی در ۱۷ سپتامبر ۲۰۱۳. دریافت‌شده در ۱۴ ژانویه ۲۰۱۴.*
7. ↑ http://www.alliedfoamtech.com/index.html

بتن پلیمری متشکل از دو واژه «بتن+پلیمر» می‌باشد، که هر یک تعاریف جداگانه‌ای برای خود دارند و پلیمر به معنای به هم پیوستن و ترکیب شدن چند مولکول کوچک و یکسان و تشکیل مولکول بزرگ به نام پلیمر که این فرایند فرایند بسپار نام دارد. حال به سراغ معرفی بتن‌های پلیمری می‌رویم:: از دیر باز با واژهٔ بتن آشنا هستیم، امروزه برای اینکه استحکام و مقاوت بتن را در برابر تحمل فشارها و تنش‌ها را بالا ببرند از ترکیب بتن با مواد شیمیایی متفاوتی بهره می‌برند؛ یکی از این مواد و کارها استفاده از پلیمرها و به نوعی پلیمر کردن بتن می‌باشد. این نوع ماده (پلیمر) ضمن دارا بودن استحکام بالا، دارای وزن پایین و مقاوم در برابر شرایط آب و هوایی و در برابر فشار و بارهای مختلف مقاومت خوبی را از خود نشان می‌دهد. در کل می‌توان بتن‌های پلیمری را ترکیبی از الیاف‌های طبیعی پلیمری در اندازهٔ دانه‌های ریز و درشت دانه‌ها دانست. در فرایند مخلوط کردن بتن‌های پلیمری از آب، که یک پای همیشگی مصالح بتنی است استفاده نمی‌کنیم و به جای اب از رزین مایع (مونمر) استفاده می‌کنیم. در واقع مولکول‌های رزین مایع به عنوان مونومر فرایند ما عمل می‌کنند و باعث سفت و سخت شدن و مقاومت بالا و مهمتر از همه باعث چسبانندگی می‌شوند و مولکول‌های بزرگتر را تشکیل می‌دهند. (فرایند پلیمری شدن) نحوهٔ تشکیل بتن‌های پلیمری (روش ساخت) طی پلیمر شدن و فرایند مخلوط بتن و پلیمر، مولکول‌های رزین مایع به عنوان مونومر به صورت پیوند شیمیایی به همدیگر وصل می‌گردند تا گونه‌ای (نوعی) پلاستیک سفت و مقاوم به نام پلیمر را به وجود آورند. دلایل مهم استفاده از پلیمر در بتن: همان‌طور که گفتیم برای افزایش بهره‌وری و طول عمر بتن و مقاومت آن در برابر انواع تنش‌ها و فشار و شرایط محیطی از پلیمرها و فرایند پلیمری شدن بهره گرفتیم. به این علت که پلیمرها دارای خواص ضد سایش و ضد خوردگی را در برابر عومل سایش دارند. - دارای سبکی و وزن کم نسبت به سایر مواد افزودنی - امکان ترمیم و تعمیر تخریب‌های موجود در پل‌ها، بزرگراه‌ها

و سازه‌های آسیب دیده. - برای زیباسازی فضای شهر و معماری - مقاومت بالا نسبت به سایر افزودنی‌ها در برابر شرایط محیطی عمل آوری بتن پلیمری: بتن‌های پلیمری علی‌رغم سایر ترکیبات بتنی به سرعت با شرایط محیطی مطابقت میابند و سریع سفت و سخت می‌شوند. به‌طوری که طی همان ساعات اولیه (حدود یک ساعت) کاملاً مستحکم و سفت می‌شوند؛ لذا در این مدت باید از نفوذ آب جلوگیری کرد تا اب به آن نفوذ نکند. باید توجه داشت که اگر دمای محیط کمتر از ۱۲ درجهٔ سانتیگراد باشد سرهت واکنش بسپار (پلیمر) پایین آمده و کاهش خواهد یافت و برای اینکع این اتفاق نیوفتد دو راه حل پیشنهاد می‌شود؛ یا باید واکنش دهنده‌های فرایند غلیظ باشند یا باید در شروع واکنش دما بین ۷ تا ۲۰ درجهٔ فارنهایت باشد. انواع پلیمرهای مصرفی در بتن:

1. پلی استر
2. پلی پلیمر-استیرن
3. متیل متاکلریت
4. بتن پلیمری

انواع بتن‌های پلیمری: بتن‌های پلیمری را می‌توان به چند دسته تقسیم کرد که مهم‌ترین آنها عبارتند از:

1. بتن‌هایی که توسط پلیمرها باردار می‌شوند و به اصطلاح PLC گفته می‌شود. این نوع بتن‌ها توسط یک سیستم مونومری باردار می‌شوند و سپس فرایند پلیمری شدن شروع می‌شود.
2. بتن‌های سیمان-پلیمر و به اصطلاح PCC که شامل نوعی مونومر که به مخلوط آب و بتن می‌افزایند و سپس فرایند پلیمری شدن را شروع می‌کنند.
3. بتن‌های پلیمری یا همان PC که شامل یک نوع سیستم مرکب تشکیل یافته از سنگریزه‌ها و پراکندگی در مونومر هایشان هستند که بعد از این پراکندگی فعالیت پلیمر شدن آغاز می‌گردد.
4. بتن‌های گوگورد پلیمر (PSC) که شامل ترکیبی از بتن و گوگرد که به وسیلهٔ پلیمرها خاصیت آنها را تصحیح می‌کند.

طریقهٔ ساخت و تولید بتن‌های پلیمری در حالت غیر جامد: بتن‌های پلیمری را از پرکننده‌های‌های معدنی و در بعضی مواد آلی می‌سازند و این پرکننده‌ها باعث می‌شوند که خواص بتن‌های پلیمری به مراتب بهتر از بتن‌های سیمانی شوند. به عبارت دیگر می‌توان گفت به کمک تغییر این پرکننده‌ها متوان خاصیت بتن‌های پلیمری را تغییر داد. پرکننده‌های پلیمری از دو بخش تشکیل یافته‌اند: ۱- جز سفت ۲- جز نرم جز زبر که معمولاً دانه بندی‌های درشت در ان دیده می‌شود و جز نرم که برعکس شامل دانه بندی‌های ریز است. از پرکننده‌های نرم می‌توان به سنگ‌های پرلیت، رسی و حتی سنگ پا اشاره کرد؛ و از پرکننده‌های سفت می‌توان از ریت؛ هماتیت و قطیر نام برد. مزایای پرکننده‌های نرم و سفت: از پر کننده‌های نرم برای جلوگیری از حجم اضافع ی بتن و به اصطلاح کاهش حجم‌های خالی بتن استفاده کرد. مانند پودر سیلیس، خاکستر، کربنات کلیسم، میکلا و ... با استفاده از این پرکننده‌های معدنی و آلی می‌توان در بتن خاصیت رسانایی و الکتریکی ایجاد کرد و حتی باعث استحکام و مقاومت در برابر ضربه و تنش شد. خواص بتن‌های پلیمری: از خواص این بتن‌ها می‌توان به - خاصیت جذب و نگهداری آب پایین آن اشاره کرد. - استحکام و مقاومت زیاد در برابر عوامل فیزیکی و اصطحکاکی چون سایش و خوردگی. - پایداری در برابر واکنش‌های شیمیایی - مقاومت زیاد در برابر ترک خوردگی در فصل زمستان به دلیل پایداری آن در برابر یخ زدگی و ذوب

بتن الیافی

الیاف شیشه

در ساخت این نوع بتن از کامپوزیت‌ها به عنوان یک فناوری نوین در صنعت ساخت و ساز استفاده می‌شود. از جمله مواد جدیدی که جایگاه ویژه‌ای در ساخت وساز به خود اختصاص داده، افزودنی‌های بتن و الیاف تقویت‌کننده می‌باشد. این مواد باعث بهبود خواص مطلوب بتن، همچون مقاومت آن می‌گردد و در بعضی موارد با کاهش وزن بتن، مصالح بسیار سبکی را فرا راه مهندسین بنا قرار می‌دهد.[۱] از سال ۱۹۶۰ میلادی به بعد نوع جدیدی از این بتن وارد عرصه صنعتی شد. در این راه این نوع بتن جدا از هم با توزیع تصادفی به عنوان فاز جدیدی علاوه بر فازهای بتن معمولی به کار گرفته شده‌است. مقاومت کششی و برشی بتن الیافی نسبت به بتن معمولی بیشتر می‌باشد.[۲] ضخامت نهایی بتن الیافی علاوه بر کفایت در برابر بارهای استاتیکی و دینامیکی ضریب اطمینان بسیار بالایی در اجرا ایجاد می‌کند. در سازه‌های زیرزمینی که در معرض آب و رطوبت و خوردگی بیشتر قرار دارند اهمیت بالاتری دارد. علاوه بر این موارد بتن‌های الیافی در برابر بارهای دینامیکی مانند زلزله، و ضربه به دلیل خصوصیات جذب انرژی مناسب، عملکرد بسیار مناسب تری از خودشان نشان می‌دهند.[۳] بکارگیری بتن غیر مسلح به علت تردی آن بغیر از سازه‌های وزنی عملاً کاربرد چندانی ندارد. این عیب عمده بتن در عمل با مسلح کردن آن به وسیلهٔ میلگردهای فولادی یا آرماتور برطرف می‌گردد. اما از آنجا که آرماتور منحصراً بخش کوچکی از مقطع را تشکیل می‌دهد تصور اینکه مقطع بتن یک مقطع ایزو تروپ و هموژن است چندان صحیح نخواهد بود. به منظور ایجاد شرایط ایزوتروپی و نیز کاهش ضعف شکنندگی و تردی جسم بتن تا حد ممکن در چند دهه اخیر از رشته‌های نازک و نسبتاً دراز که در تمام حجم بتن به‌طور همگن و درهم پراکنده می‌گردد استفاده می‌شود. کاربرد اینگونه رشته‌ها یا الیاف در بتن و به‌طور کلی در ملات‌های سیمانی که مورد استفاده است، می‌تواند الیاف شیشه‌ای، پلی اتیلنی، فولادی، آزبست یا نایلونی باشد.[۴]

محتویات

- ۱ تاریخچه الیاف

- ۲ طبقه‌بندی کاربردی
- ۳ مزایا
- ۴ عاملهای کیفیت
  - ۴,۱ الیاف شیشه
  - ۴,۲ الیاف فولادی
  - ۴,۳ الیاف پلی پروپیلن
  - ۴,۴ الیاف آرامید (کولار)
  - ۴,۵ الیاف کربن
- ۵ روش و میزان مصرف
- ۶ موارد کاربرد
- ۷ محدودیت‌های کاربرد
- ۸ جستارهای وابسته
- ۹ منابع

تاریخچه الیاف[ویرایش]

در زمان‌های گذشته، از الیاف جهت تقویت ملات‌های ترد و شکننده استفاده می‌شد که مشهورترین و پرطرفدارترین آن که به علت ارزانی قابل دسترسی بوده و هست، کاه می‌باشد که برای تقویت آجرهای خشتی و ملات کاهگل در اندودها در قبال ترک خوردگی که بعد از خشک شدن به وجود می‌آید، به کار رفته و در حال حاضر نیز ارزانترین نوع ملات در مناطق روستایی کشور است.
استفاده از کاه و مخصوصاً موی دم اسب یا بز در بناهای قدیمی ایران به خصوص گنبدها سابقه طولانی و تاریخی دارد که بصیرت و اطلاع صاحبان فن را در مورد الیاف نشان می‌دهد. کاربرد الیاف فولادی از اواسط قرن اخیر آغاز گردیده و تاریخ دقیقی در مورد استفاده از این روش در دسترس نیست ولی افراد مختلف با استفاده از روش‌های متفاوتی نظیر کاربرد تکه‌های سیم یا بریده‌های فلز در داخل بتن، امتیاز این نوع روش را به نام خود به ثبت رسانده‌اند

طبقه‌بندی کاربردی

با الیاف کم جهت کاهش میزان جمع شدگی در بتن (<۱٪ حجم الیاف)

- با الیاف متوسط یا بتن الیافی معمولی جهت اصلاح خواص سازه‌ای نظیر برش، عرض ترک و رفتار خمشی (بیشتر در کف صنعتی به کار می‌روند)
- توانمند به عنوان نسل پیشرفته، این نوع از بتن‌ها خود به چندین دسته تقسیم می‌شوند که عبادتند:
  - بر پایه مصالح شیمیایی
  - بتن‌های حریره الیافی
  - مواد مرکب مهندسی بر پایهمصالح سیمانی (بتن‌های الیافی شکل پذیر)

مزایا

مزایای این نوع بتن در مقایسه با بتن معمولی را می‌توان به‌طور خلاصه به شرح ذیل بیان داشت:

- مقاومت در مقابل تورق، سایش و هوازدگی سطح
- مقاومت زیاد در مقابل تنش‌های خستگی
- مقاومت بسیار عالی در مقابل ضربه
- قابلیت کششی خوب (ظرفیت زیاد کرنش)
- قابلیت باربری زیاد بعد از ترک خوردگی

- مقاومت کششی، خمشی و برشی زیاد
- طاقت خیلی زیاد[۷]
- این مصالح بر خلاف بتن معمولی قادر به تحمل تنش‌ها و کرنش‌های کششی قابل ملاحظه در بارهای کششی می‌باشد و می‌توان از آن در طراحی استفاده کرد.
- در این مواد، ترک خوردگی از حالت ترک‌های متمرکز خارج شده و به صورت ترک‌های متعدد ظاهر شده‌است. این رفتار در افزایش شکل پذیری اعضا و مهمتر از آن در پایایی سازه‌های بتنی تأثیرات چشمگیری دارد.
- با اتکا بر ظرفیت کرنش پذیری این مصالح در فشار می‌توان از میزان آرماتورهای محصورکننده در نواحی فشاری کاست.
- مقاومت برشی در این بتن‌ها و رفتار آن‌ها به گونه‌ای است که می‌توان آرماتورهای برشی را حذف نمود.
- از دیگر مزایای استفاده این مواد شکل پذیری در اعضای لرزه بر، افزایش میزان تغییر شکل‌های غیر الاستیک، عدم افت مقاومت و حفظ یکپارچگی در این تغییر شکل‌ها است که منجر به دست یابی به رفتار آسیب مدار می‌شود.
- این مواد پتانسیل زیادی جهت استفاده در المانهای جاذب انرژی به عنوان کنترل غیرفعال در بهسازی لرزه‌ای ساختمان را دارند.[۸]
- یک مزیت بارز بتن الیافی ظرفیت کاری زیاد آن است. ظرفیت کاری در این متن به مفهوم ظرفیت یک جسم به منظور تبدیل کار خارجی به :الف) انرژی کرنشی ذخیره شده قابل تغییر ب) کار داخلی با تشکیل ترک‌های جدید با رها شدن و تغییر شکل الیاف یا تولید حرارت می‌باشد. قابلیت انعطافی بتن الیافی همانند خواص مواد پلاستیکی باعث می‌شود که بتن الیافی گسیختگی ناگهانی نداشته باشد. از آنجا که الیاف فولادی در جسم بتن به‌طور سه بعدی و به بیانی بهتر چند بعدی پراکنده می‌شود در صورت تشکیل یک ترک که معمولاً انتظار تغییر شکل می‌رود در جهات مختلف الیاف اتصالاتی را به وجود آورده و از گسترش ترک جلوگیری می‌نماید؛ بنابراین رشته‌های الیاف به‌طور فعال در محدود کردن عرض ترک‌ها نقش داشته و در نتیجه با تشکیل ریزترک‌های زیاد قابلیت بهره‌برداری بتن را افزایش می‌دهد.

عاملهای کیفیت

به‌طور کلی کیفیت بتن الیافی می‌تواند به عامل‌های عمده زیر بستگی داشته باشد:

- نسبت‌های مخلوط بتن
- مشخصات هندسی الیاف فولادی
- نسبت طول به قطر الیاف
- مهار مکانیکی و زبری سطح الیاف
- مشخصات فیزیکی و جنس الیاف فولادی[۵]

الیاف شیشه

اضافه کردن الیاف شیشه به بتن به شدت بر کاهش کارایی بتن تازه تأثیر می‌گذارد، بنابراین باید از روانسازهای مناسب استفاده کرد و شیوه مناسب اختلاط را نیز تجربه کرد. همچنین الیاف شیشه‌ای به شدت تمایل دارند که در بتن تازه به یکدیگر چسبیده و گلوله شوند که به این پدیده گلوله شدن الیاف می‌گویند. واضح است که در صورت وقوع این پدیده، توزیع الیاف دیگر یکنواخت نبوده و بنابراین برای برطرف کردن آن باید چاره اندیشی کرد.[۱۰] الیاف شیشه‌ای مخصوص (تارهای بریده شده) دارای قطرهایی بین ۰٫۰۰۵ تا ۰٫۰۱۵ میلی‌متر هستند که این نوع الیاف ممکن است در تولید عناصری با الیاف شیشه‌ای به یکدیگر اتصال یابند که در این صورت قطر الیاف اتصال یافته به ۰٫۰۱۳ تا ۱٫۳ میلی‌متر می‌رسد.

الیاف فولادی

نوشتار اصلی: بتن مسلح به الیاف فولادی

الیاف فولادی به منظور بهبود بخشیدن به خواص بتن، کاربرد وسیعی را در سازه‌های بتنی و بتن مسلح پیدا کرده‌است.[۱۱] یکی از مهم‌ترین نقش‌های الیاف فولادی در بتن افزایش مقاومت کششی بتن به وسیلهٔ کاهش ایجاد ریزترک‌های حاصله از بارگذاری خارجی است

الیاف پلی پروپیلن

کاربرد الیاف پلی پروپیلن از ترک خوردگی و جمع شدگی بتن بخصوص در سنین اولیه آن جلوگیری می‌کند. تولید بتنی شکل پذیر با الیاف پلی پروپیلن در بتن الیافی دارای شکل پذیری بسیار زیادی می‌باشد و هرگز خرد نمی‌شود. الیاف پلی پروپیلن آب گریز است و درصد جذب آب آن صفر می‌باشد؛ بنابراین هرگز نباید از افزودن آب اضافی جهت افزایش روانی بتن استفاده کرد

الیاف آرامید (کولار)

پلیمرهای آرامید دارای خصوصیاتی چون نقطه ذوب بالا و پایداری حرارتی عالی ومقاومت در برابر شعله وغیر قابل حل بودن در بسیاری از حلال‌های آلی شناخته شده‌اند دانسیته آن بین ۱۲–۱۴٫۶ کیلو نیوتن بر متر مکعب می‌باشد دارای خواصی چون مقاوت در برابر ضربه عدم حساسیت به شکاف خواص الکتریک- خود خاموش کنی از خصوصیات آن می‌باشد. الیاف آرامید در شکل‌های مختلف وجود دارند و همانند الیاف شیشه و کربن می‌توانند در ساخت کامپوزیتها مورد استفاده قرار گیرند. الیاف آرامید به دلیل سبکی، پایداری حرارتی خوب و چقرمگی عالی، مورد توجه قرار گرفته‌اند. الیاف کولار از زنجیرهای مولکولی طولانی پلی پارافتیلن ترفنال آمید، تولید شده‌اند. آرایش یافتگی بالای زنجیرها به همراه اتصال خوب بین آنها، تلفیق منحصربه‌فردی از خواص را ایجاد می‌نماید که برخی از آن‌ها عبارت اند از:

- استحکام کششی بالا و وزن کم
- ازدیاد طول کم در پارگی
- چقرمگی خوب
- مدول بالا

الیاف کربن

دانسیته آن ۲۲٫۷ کیلو نیوتن برمتر مکعب می‌باشد وشکل مختلف آن بلوری می‌باشد وضخامت آن نازکتر از موی انسان می‌باشد و دارای قطر ۶–۱۰میکرو متر می‌باشد. مزایایی اصلی آن:استحکام بالای خستگی-مقاومت در برابر خوردگی- ضریب انبساط حرارتی پایینند. معایب: قیمت بالا -کرنش در شکست-هادی الکتریکی

روش و میزان مصرف

الیاف را می‌توان در هر زمان به میکسر اضافه نمود. همچنین می‌توان الیاف را در انتها به آب طرح اختلاط اضافه نمود و داخل میکسر ریخت که در این صورت باید برای رسیدن به مخلوط یکنواخت، ۳ تا ۴ دقیقه دیگر هم زدن ادامه یابد. در صورت استفاده از بتن آماده، می‌توان الیاف را به تدریج داخل تراک میکسر ریخت و هم زدن در دور تند باید به قدری ادامه داشته باشد که از پخش کامل الیاف داخل بتن مطمئن شد. مقدار مصرف الیاف با توجه به عملکرد مورد نظر، از ۰٫۶ تا ۳ کیلوگرم در مترمکعب متغیر است.

موارد کاربرد

تسطیح اضافی، جهت افزایش مقاومت بتن مسلح به منظور کاهش ترک خوردگی و افزایش قدرت جذب انرژی تحت اثر.

- بارهای ضربه‌ای
- موجهای انفجاری
- وضعیت‌های پیچیده تنش
- جانشین شدن به جای بتن آرمه معمولی به منظور:
  - کاهش هزینه دستمزد قطعات پیش ساخته بتنی

- تثبیت و پایدارسازی شیب‌های سنگی و دیوارهای ریزشی
- خاکبرداری‌ها در مناطق مهم
- تسطیح منحصربه‌فرد و خاصیت یکنواخت و ایزوتوپ در نتیجه توزیع همگن الیاف در جسم بتن.
- به منظور بهبود در در معیارهای تکنولوژیکی بتن، الیاف را می‌توان با بتن آرمه معمولی و با بتن پیش تنیده نیز بکار گرفت. این موارد عبارتند از:
  - فنداسیون موتورها و ماشین آلات صنعتی بزرگ توربین‌ها، پرس‌های بزرگ، ژنراتورهای دیزلی و...)
  - دیوارهای حفاظتی، پناهگاه‌ها و آشیانه هواپیما
  - ساختمان رآکتورهای اتمی
  - قطعات مربوط به تونلسازی و حفاری معادن
  - تیرهای پیش تنیده بتنی
  - شمع‌های ضربه گیر
  - قطعات نسوز با الیاف فولادی اعلا

محدودیت‌های کاربرد

- از آنجا که نحوه قرار گرفتن الیاف داخل بتن، کاملاً تصادفی می‌باشد، از این بتن معمولاً نمی‌توان به نحو مطلوبی در ساخت تیرها و ستونها بهره گرفت و در این نوع سازه‌ها استفاده از روش سنتی و شبکه بندی فولادی به صرفه تر و مناسب تر می‌باشد.
- استفاده از بتن الیافی در همه موارد از بتن سنتی به صرفه تر نمی‌باشد. اما بر اساس برآوردهایی که توسط بعضی از متخصصین کشور انجام گرفته‌است، در جاهایی که سرعت اجرای بالا مدنظر است یا نیاز به پاشش بتن (شاتکریت) روی سطوح ویژه‌ای است، استفاده از این نوع بتن توصیه می‌گردد.>

جستارهای وابسته

بتن مسلح به الیاف فولادی

منابع

1. ↑ پرش به بالا به: ۱۰۰ ۱۰۱ ۱۰۲ ۱۰۳ http://www.pdffactory.com
2. ↑ ACI544.1R-96, "State of The Art Report on The Fiber Reinforced Concrete
3. ↑ Victor C Li, Shuxin Wang and Chynthia Wu,200L "Tensile Strain Hardening of PV-ECC". ACI Material Journal
4. ↑ کیوانی، عبداله، "بتن الیاقی و کاربرد آن در سازه‌های بتنی"، کارگاه‌های تخصصی بتن: بتن‌های ویژه، مهرماه 84
5. ↑ پرش به بالا به: ۵۰۰ ۵۰۱ :آرام، مهرداد، میسمی، حسین، «مقایسه مقاومتی بتن‌های الیاف برای تولید ورق‌های بتنی با مقاومت بالا»، مجله تحقیقات بتن، تابستان 89، ص 59-51
6. ↑ پرش به بالا به: ۶۰۰ ۶۰۱ لطفی، امین، پورقلی، مهران، «بررسی خواص بتن الیافی»، اولین کنفرانس بین‌المللی بتن‌های ناتراوامخازن ذخیره آب شرب، (1389)، گیلان، ایران
7. ↑ کیوانی، عبداله، «بتن الیاقی و کاربرد آن در سازه‌های بتنی»، کارگاه‌های تخصصی بتن: بتن‌های ویژه، مهرماه 84
8. ↑ لطفی، امین، پورقلی، مهران، «بررسی خواص بتن الیاقی»، اولین کنفرانس بین‌المللی بتن‌های ناتراوامخازن ذخیره آب شرب، (1389)، گیلان، ایران
9. ↑ کیوانی، عبداله، «بتن الیافی و کاربرد آن در سازه‌های بتنی»، کارگاه‌های تخصصی بتن: بتن‌های ویژه، مهرماه 84
10. ↑ مستوفی نژاد، داود، «بررسی تجربی خواص بتن مسلح به الیاف شیشه»، استقلال، سال 20، شماره 1، شهریور 1380،

11. ↑ پرش به بالا به: ۱۱۰۰ ۱۱۰۱ کیوانی، عبداله، «بتن الیافی و کاربرد آن در سازه‌های بتنی»، کارگاه‌های تخصصی بتن: بتن‌های ویژه، مهرماه 1384
12. ↑ پورمقدم، امیر، تقدس، حسین، محمودزاده، فتح اله، «بررسی پخش و جهت گیری الیاف فلزی در بتن مسلح الیافی»، نشریه دانشکده فنی، جلد 39، شماره 3، شهریور 1384.
13. ↑ زمانی فرادینه، علیرضا، علیقلی زاده مقدم، بهداد، «بررسی بتن مسلح به الیاف فولادی»، یازدهمین کنفرانس دانشجویان عمران سراسر کشور، دی ماه 1383

لایتراکان بتن انتقال دهنده نور یا بتن شفاف با نام تجاری Litracon،(به انگلیسی: light transmitting concrete) محصول نسبتا جدیدی است که در سال ۲۰۰۴ توسط یک معمار ۲۷ ساله مجارستانی به نام آرن لوسونزی ابداع گردید. این محصول با ترکیب ۹۶٪ بتن معمولی و ۴٪ فیبرهای نوری محصولی منحصر به فرد را برای هزاره جدید به ارمغان آورده‌است. بتن عبور دهنده نور، امروزه به عنوان یک متریال ساختمانی جدید با قابلیت استفاده بالا مطرح است. این متریال می‌تواند به عنوان بلوک‌ها یا پانل‌های پیش ساخته ساختمانی مورد استفاده قرار گیرد.

هم اکنون بتن لیتراکن با دانسیته ۲۴۰۰-۲۱۰۰ کیلو گرم بر متر مکعب، مقاومت فشاری ۵۰ نیوتن بر میلی‌متر مربع و مقاومت کششی ۷ نیوتن بر میلی‌متر مربع در سه رنگ خاکستری، سیاه یا سفید، با ابعاد استاندارد ۳۰۰*۶۰۰ میلی‌متر و با ضخامت ۵۰۰-۲۵ میلی‌متر تولید می‌گردد

محتویات

- ۱ فیبرهای نوری
- ۲ محاسن لاتیراکن
- ۳ تأثیرات سازه‌ای
- ۴ رنگها و بافت بتن شفاف
- ۵ شیوه مسلح کردن
- ۶ موارد کاربرد بتن شفاف
- ۷ محصولات ساخته شده به این روش
- ۸ منابع

فیبرهای نوری

فیبرها بخاطر اندازه کوچکشان با بتن مخلوط شده و ترکیبی از یک متریال دانه بندی شده را تشکیل می‌دهند. به این ترتیب نتیجه کار صرفا ترکیب دو متریال شیشه و بتن نیست، بلکه یک متریال جدید که از لحاظ ساختار درونی و همچنین سطوح بیرونی کاملاً همگن است، به دست می‌آید. فیبرهای شیشه باعث نفوذ نور به داخل بلوک‌ها می‌شوند. جالب‌ترین حالت این پدیده نمایش سایه‌ها در وجه مقابل ضلع نور خورده است. همچنین رنگ نوری که از پشت این بتن دیده می‌شود ثابت است به عنوان مثال اگر نور سبز به پشت بلوک بتابد در جلوی آن سایه‌ها سبز دیده می‌شوند. عملکرد این عناصر به گونه‌ای است که، هزاران فیبر شیشه‌ای نوری به صورت موازی کنار هم بین دو وجه اصلی بلوک بتنی قرار می‌گیرند. نسبت فیبرها بسیار کم و حدود ۴ درصد کل میزان بلوک‌ها است. علاوه بر این فیبرها بخاطر اندازه کوچکشان با بتن مخلوط شده و تبدیل به یک جزء ساختاری می‌شوند بنابراین سطح بیرونی بتن همگن و یکنواخت باقی می‌ماند.[۲]

محاسن لاتیراکن

می‌توان دیوار با هر ضخامتی توسط لاتیراکن‌ها ساخت ـ می‌توان نور را تا ۲۰ متر در سراسر بتن بدون اتلاف روشنایی انتقال دهد ـ اگر از این ماده بیشتر و بیشتر در ساختمان‌سازی استفاده شود. نور طبیعی بیشتری می‌تواند برای نور دفاتر و انبارها استفاده شود.

این می‌تواند منجر به کاهش زیاد در مقدار الکتریسیته استفاده شده برای نور ساختمان‌ها شود. وقتی در روز از نور طبیعی استفاده می‌شوند.

تأثیرات سازه‌ای

یک دیواره سازه‌ای ساخته شده از لاتیراکن می‌تواند دو متر ضخامت داشته و نورها با حداقل اتلاف نوری تا ۲۰ متر کاربرد خواهند داشت. سازه‌های تحت فشار نیز می‌توانند از این بلوک‌های بتنی شفاف ساخته شوند زیرا رشته‌های شیشه‌ای تأثیر منفی قابل توجهی روی مقاومت فشاری بتن ندارند.

رنگها و بافت بتن شفاف

با توجه به رنگ خاکستری متداول بتن معمولی، لایتراکان دارای رنگ‌های متنوعی است و بافت سطوح بیرونی آن نیز می‌تواند متنوع باشد، به گونه‌ای که بلوکهای متنوع در کنار هم قرار گیرند و یک ساختار واحد را به وجود آورند.

شیوه مسلح کردن

در صورت نیاز به مسلح کردن این بتن شیارهایی در داخل آن تعبیه می‌شوند. در حین ساختن دیوارها میلگردها به صورت عمودی یا افقی در این شیارها قرار می‌گیرند و فیبرهای اپتیکی بخاطر خاصیت انعطاف‌پذیری خود در اطراف میلگردها جمع شده و به این ترتیب میلگردها دیده نمی‌شوند.

موارد کاربرد بتن شفاف

دیوار **:** به عنوان متداول‌ترین حالت ممکن، این بلوک می‌تواند در ساختن دیوارها مورد استفاده قرار گیرد. به این ترتیب هر دو سمت و همچنین ضخامت این متریال جدید قابل مشاهده خواهد بود. بنابراین سنگینی و استحکام بتن به عنوان ماده اصلی لایتراکان محسوس تر و در عین حال کنتراست بین نور و ماده شدیدتر می‌شود. این متریال می‌تواند برای دیوارهای داخلی و خارجی مورد استفاده قرار گیرد. اگر نور خورشید به ساختار این دیوار بتابد، بهتر است در جهت غربی یا شرقی ساختمان قرار گرفته تا اشعه آفتاب در حال طلوع یا غروب با زاویه کم به فیبرهای نوری برسد و شدت عبور نور بیشتر شود. بخاطر استحکام زیاد این ماده می‌توان از آن برای ساختن دیوارهای باربر هم استفاده کرد. در صورت نیاز، امکان مسلح کردن این متریال نیز ممکن است.

پوشش کف **:** یکی از جذاب‌ترین کاربردها، استفاده از «لایتراکان» در پوشش کف‌ها و درخشش آن از پایین است. این عنصر در طول روز یک کف پوش از جنس بتن معمولی به نظر می‌رسد و در هنگام غروب آفتاب بلوک‌های کف در رنگ‌های منعکس شده از نور غروب شروع به درخشش می‌کنند.

طراحی داخلی **:** همچنین از این نوع بتن عبور دهنده نور می‌توان برای روکش دیوارها در طراحی داخلی استفاده کرد به صورتی که از پشت نور پردازی شده باشند همچنین می‌توان از نورهای رنگی متنوع برای ایجاد حس فضایی مورد نظر نیز استفاده کرد.

محصولات ساخته شده به این روش

لامپ لایترا کیوب**:** یکی از محصولات موفق لایتراکان در زمینه طراحی، لامپ لایترا کیوب است که در آن بلوکها با قرارگیری روی هم مکعبی را تشکیل می‌دهند که منبع نور در داخل آن قرار دارد و نور با عبور از بتن به بیرون ساطع می‌شود. به این ترتیب این ماده جدید می‌تواند در عرصه‌های مختلف طراحی و همچنین در ایجاد فضاهای پویا و انعطاف‌پذیر داخلی بسیار مورد استفاده قرار گیرد.

کاشی بتنی **:** حدود ۵ ٪ کاشی از فیبرهای نوری تشکیل شده و نور می‌تواند از آن عبور کند. توزیع یکنواخت الیاف در سراسر سطح کاشی به گونه‌ای است که یک طرح کلی در طرف دیگر کاشی به وضوح قابل مشاهده باشد. این کاشی با ترکیبی منحصر به فرد تقریباً نشکن و شفاف است. این ماده با ترکیبی از فیبرهای نوری و بتن باکیفیت ساخته شده‌است و حتی می‌تواند به عنوان بلوک‌های پیش ساخته تولید شود. به دلیل اندازه کوچک الیاف، مخلوط در بتن، تبدیل به یک جزء از مجموع مواد می‌شود و یک

ماده جدید است، که هم در ساختار درونی و هم در سطوح بیرونی همگن می‌باشد. این ماده از طریق روی هم گذاشتن لایه‌های متناوب بتن و الیاف تولید و سپس به صورت کاشی برش داده می‌شود. نقش الیاف می‌تواند یکنواخت، یا می‌تواند مانند رگه‌های چوب مصنوعی طراحی شود. هیچ محصول دیگری مانند این ماده در بازار وجود ندارد که شفافیت و دوام و قدرت را با هم به صورت ترکیب یکجا داشته باشد. این امکان وجود دارد که از آن به عنوان ساختاری برای تحمل بار استفاده کرد. مقاومت فشاری آن 49 N/mm2 (مگاپاسکال) می‌باشد و مقاومت خمشی اش 7.7 N/mm2 (مگاپاسکال) می‌باشد

منابع

1. ↑ پرش به بالا به: ۱۰۰ ۱۰۱ {{ |لامعی= |مهدیه= |نشریه آوای صنعت
2. ↑ پرش به بالا به: ۲۰۰ ۲۰۱ *«نسخه آرشیو شده». بایگانی‌شده از اصلی در ۳ دسامبر ۲۰۱۹. دریافت‌شده در ۱۳ ژوئن ۲۰۲۰.*
3. ↑ http://www.inventables.ir[پیوند مرده]

بتن متخلخل (اسفنجی) چیست

بتن متخلخل (بتن اسفنجی)| بتن هبلکس (بتن سبک)

بتن متخلخل یک واژه است و طبق تعریف، ماده ای است با اسلامپ صفر که اجازه می دهد آب از آن عبور کند منابع آب زیرزمینی را تغذیه کند و مواد تشکیل دهنده آن سیمان پرتلند، سنگدانه درشت، مقدار کم یا فاقد ریزدانه،آب و مواد افزودنی می باشد. این عناصر در نهایت بتن سخت شده با حفرات مرتبط را تولید می کنند. طول عمر خدمت دهی روسازی متخلخل حاوی سنگدانه های درشت، حدودا 50-30 ٪ بیشتر از روسازی معمولی است . دانه بندی و اندازه سنگدانه های درشت، نسبت آب به مواد سیمانی و میزان تراکم، بر اندازه حفرات اثر میگذارند و معمولا 8-2 میلیمتر هستند. معمولا برای ساخت بتن متخلخل از درشت دانه های با اندازه یکسان استفاده می شود که میتوان به راحتی به درصد حفرات بیش از 15 ٪رسید. این طرح های اختلاط عمدتا دارای نفوذپذیری بالا و مقاومت ناکافی می باشند. اندازه سنگدانه، دانه بندی و مقدار سنگدانه مصرفی در مخلوط **بتن متخلخل**، همگی از عوامل تاثیر گذار بر مقاومت فشاری بدست آمده می باشند. افزایش مقدار خمیر سیمان به معنای افزایش مقاومت کلی مخلوط بتن متخلخل می باشد. افزایش در سطح خمیر سیمان، می تواند به راحتی از طریق استفاده از سنگدانه ریز بدست آید. با استفاده از سنگدانه ریز، سطح مخصوص سنگدانه ها بیشتر شده و خمیر سیمان سطح گسترده تری از سنگدانه ها را پوشش می دهد. نتایج نشان داد که نسبت آب به سیمان بهینه 0.32 تا 0.34 می باشد. مشخصات خمیر سیمان در بتن متخلخل تنوع گسترده ای نسبت به بتن معمولی دارد. خمیر سیمان استفاده شده در بتن متخلخل باید چسبندگی و عدم روانی بالایی داشته باشد.

✓ کاربرد بتن متخلخل یا بتن اسفنجی

روسازی بتن متخلخل نقش اساسی در کنترل کیفیت آب و مدیریت رواناب حاصل از بارندگی ایفا می کند. محققان دریافته اند که رواناب اثرات بالقوه ای بر منابع آبهای سطحی و زیرزمینی دارد. همراه با توسعه شهرنشینی، سطوح نفوذناپذیر افزایش پیدا می کند و در نتیجه ی آن حجم رواناب افزایش پیدا می کند و منجر به تشکیل سیلاب و فرسایش لبه ی معابر می گردد. روسازی بتن متخلخل علاوه بر کاهش اثرات ناشی از گسترش سطوح نفوذ ناپذیر از طریق کاهش میزان رواناب، به حفظ منابع آبی موجود کمک می کند مهمتر از همه، از دیدگاه مهندسان راه و حمل و نقل، کاهش میزان رواناب می تواند سطح ایمنی معابر را افزایش دهد علاوه بر این، روسازی بتن متخلخل دارای چندی ویژگی سودمند دیگر نظیر کاهش آلودگی صوتی، کاهش گرما، حفظ اکوسیستم محلی، تقویت ذخایر آب زیرزمینی و حفظ رشد درختان می باشد. همچنین نفوذپذیری مناسب روسازی متخلخل می تواند نیاز به سیستم های پر هزینه مدیریت رواناب را به میزان قابل توجهی کاهش دهد. از سویی روسازی بتن متخلخل می تواند پتانسیل بروز برخی مشکلات قانونی برای یک مالک یا سازنده، را با کاهش نیاز به حوضچه رواناب و ایمنی متعاقب آن، نظیر غرق شدن و غیره، کاهش دهد. امروزه، بسیاری از مکان های سرتاسر دنیا، بارندگی و در نتیجه شکل گیری حوض های آب را تجربه کرده اند. این ناشی از اثر توامان افزایش نرخ بارندگی و کاهش نفوذپذیری سطوح نواحی شهری می باشد. برای حل این مشکل،باید مشکلات مهم زیست محیطی رخ داده پیرامون مناطق مسکونی کاهش پیدا کند. با بکارگیری رویکردهای متفاوت، می توان به استانداردهای جدیدی از آژانس حمایت از محیط زیست دست پیدا کرد. پدیده شهری سازی، به دلیل افزایش نفوذ ناپذیری، میزان رواناب را افزایش می دهد و به طور خاص، تغذیه ی ذخایر آب زیرزمینی را تحت تاثیر قرار می دهد. به منظور حفظ اندازه و کیفیت تغذیه ی ذخایر آب، سطوح نفوذ ناپذیر باید کنترل شوند. روسازی متخلخل می تواند نرخ طبیعی نفوذپذیری هیدرولوژیکی را در زمین های توسعه یافته حفظ کند. این یک تکنولوژی پایدار و دوستدار محیط زیست می باشد و برای معابر با حجم ترافیک کم قابل استفاده است (نظیر پارکینگ بدون سقف، خیابان با ترافیک سبک و پیاده رو ها).

✓ معایب بتن متخلخل یا بتن اسفنجی

بتن متخلخل از پرطرفدارترین بتن های تخصصی مورد استفاده قرار میگیرد اما هنوز بسیاری از مهندسین سازه در استفاده از این نوع بتن تردید دارند و استفاده از این بتن را صلاح نمیدانند و بر این اعتقاد دارند که بتن متخلخل یا اسفنجی کیفیت لازم را برای استفاده ندارد . این نوع از بتن مقاومت مکانیکی پایینی دارد و این به این دلیل است که اتصال پایین بین دانه ای وجود دارد . اما با توجه به بزرگ شدن سایز دانه ای بتن متخلخل، سطح مشترکی بین دانه ها ایجاد می شود و در نتیجه استحکام مکانیکی بتن در برابر ضربه کم می شود هر چند بسیاری از تولید کنندگان بتن متخلخل در تلاش هستند این مشکل را از طریق بالا بردن نسبت سیمان برطرف نمایند اما هنوز هم این معظل از بزرگترین معظلات بتن متخلخل مطرح می شود .**✓ روش تهیه بتن متخلخل یا بتن اسفنجی**

در پاسخ به این سوال می توان گفت برای تولید و ساخت بتن متخلخل دانش لازم برای انتخاب اندازه ماسه سنگ ها و همچنین میزان سیمان استاندارد و مقدار صحیح آب مورد نیاز است . اما باید دانست که کارگران و پیمانکاران نمی توانند بتن متخلخل را تولید نمایند .

در مقالات قبل در مورد روان کننده ها اشاراتی به نقش آب در بالا بردن کیفیت بتن داشتیم و مثلا مطرح کردیم که نسبت بالای سیمان به آب باعث می شود بتن در شرایط بهتری باشد اما میزان کم آب باعث شکستگی سطحی بتن متخلخل می شود . همچنین استفاده از افزودنی های بتن ممکن است ضد یخ و یا استفاده از روان کننده ها باشد .

✓ خرید بتن متخلخل یا بتن اسفنجی

انتخاب محل تهیه بتن متخلخل و اغلب پیمانکاران ترجیح می دهند که از بتن آماده استفاده کنند . تهیه بتن از کارخانه های بتن آماده دارای مزایای بزرگی است که فقط افرادی که با بتن متخلخل آشنا هستند و از این محصول استفاده کرده اند می دانند که

کارخانه بتن آماده بهترین گزینه است . که جهت اطلاع از قیمت و نحوه خرید بتن متخلخل و بتن هبلکس می توانید با مشاوران فنی و تخصصی **کلینیک بتن ایران** تماس حاصل نمایید .

بتن هبلکس hebelex concrete

بتن اسفنجی اتوکلاوی (Autoclaved Aerated Concrete یا AAC) که در ایران بیشتر با نام تجاری اش یعنی بتن هبلکس شناخته می‌شود، نوعی بتن متخلخل و سبک است که برای پایین آوردن وزن مرده‌ی ساختمان و **ترمیم سازه های بتنی** از آن استفاده می‌شود. این نوع بتن با همان مواد اولیه‌ی بتن معمولی یعنی سیمان، سنگدانه و آب ساخته می‌شود. با این تفاوت که نوعی افزودنی به آن اضافه می‌شود که باعث هوازایی بیش از حد در آن شده و ۸۰ درصد بتن را به فضای خالی تبدیل می‌کند. هم چنین **سیلیس** از مهم‌ترین مواد اولیه تشکیل دهنده‌ی بتن هبلکس می‌باشد. معمولاً این نوع بتن در قالب‌های مختلفی همانند بلوک در کارخانه تولید می‌شود.

✓ قابلیت های استفاده از بتن هبلکس

قابلیت استفاده از بتن هبلکس در دیوارها، کف‌پوش و بام ساختمان‌ها وجود دارد. وزن و چگالی پایین آن، کار با آن را آسان می‌کند و برش و شکل دادن به آن نیز به سادگی صورت می‌گیرد. از این نظر و از لحاظ طراحی، انعطاف‌پذیری زیادی را در اختیار مهندسان قرار می‌دهد. بتن هبلکس دوام بالایی دارد و مقاومت آن در برابر آب، پوسیدگی، قارچ، کپک و حشرات بسیار بالاست. بتن‌های اسفنجی در برابر حریق مقاومت فوق‌العاده‌ای دارند. بتن هبلکس در آزمایش‌ها ضد حریق نمره کامل دریافت کرده و در برابر آتش می‌تواند تا هشت ساعت مقاومت خود را حفظ کند. هم چنین تخلخل و سبک وزنی این نوع بتن که پایین بودن چگالی آن را به دنبال دارد، باعث می‌شود تا عملکرد بسیار خوبی در زمینه عایق کردن آلودگی‌های صوتی داشته باشد. در کنار عایق صوت، بتن هبلکس عایق حرارتی نیز هست. بنابراین می‌توان گفت که استفاده از این نوع بتن در دیوارها و یا سقف ساختمان‌ها، می‌تواند چندین هدف مختلف را با هم برآورده کند.با توجه به سبک وزن بودن این نوع بتن، اجرا و نصب آن به شدت تسهیل و تسریع می‌گردد. گزارش‌ها نشان داده است که اجرا و نصب بتن هبلکس در مقایسه با بتن معمولی و یا دیگر مصالح، سه برابر سریع‌تر است. در نتیجه‌ی این موضوع مزایای اقتصادی نیز برای پروژه‌های عمرانی به وجود می‌آید. چرا که کوتاه تر شدن زمان اجرای پروژه هزینه‌ی آن را پایین می‌آورد.

در کنار مزایا و فواید بی‌شمار بتن هبلکس، مانند تمامی مصالح دیگر معایبی نیز وجود دارد که البته انگشت‌شمار است و در برابر مزایای بی‌نهایتش کاملاً قابل چشم پوشی است. نخستین عیب آن این است که نمی‌توان از بتن هبلکس در دیوارهای برابر (یا به

اصطلاح دیوار حمال) استفاده کرد. و اگر چنین عملی بخواهد صورت بگیرد، ضخامت دیوارها بایستی افزایش پیدا کند که مشخصا باعث کاهش فضا و افزایش استفاده از مصالح می‌شود و به صرفه نیست. هم چنین بلوک‌های بتن هبلکس به دلیل تخلخل بالا، آب زیادی مصرف می‌کنند. هم چنین پس از نصب هم مکش آب بالایی دارند. البته خود بتن هبلکس در برابر آب مقاوم است، اما این مکش آب باعث می‌شود تا دیگر مصالح ساختمانی با آب تماس پیدا کنند و دچار آسیب دیدگی شوند.به هر حال مزایای بی‌شمار بتن هبلکس انکار ناشدنی است و به همین دلیل استفاده از آن روز به روز در انواع و اقسام پروژه‌ها در حال افزایش است و هر روزه مهندسان بیشتری به استفاده از این نوع بتن روی می‌آورند.هنگامی که سیمان پرتلند با آب مخلوط میشود، فعل و انفعال شیمیایی که به آن هیدراتاسیون میگویند، آغاز میگردد. پیشرفت و وسعت این واکنش شیمیایی در دوام، مقاومت و وزن مخصوص بتن اثر میگذارد. معمولاً مقدار آب موجود در مخلوط های بتن، بیش از آب مورد نیاز برای تکمیل هیدراتاسیون است، اما به هر حال کاهش آب به علت تبخیر، باعث تأخیر و یا توقف فرآیند هیدراتاسیون می گردد. در چند روز اول، پس از جاگذاری بتن، در درجه حرارت مناسب، هیدراتاسیون نسبتاً سریع است. بنابراین حفظ آب بتن در طول این زمان بسیار با اهمیت است. **عمل آوری بتن** روندی است که جهت حفظ رطوبت و حرارت بتن در مدت زمان معین بلافاصله پس از جاگذاری و پرداخت بتن انجام می گردد. هنگامی که عمل آوردن متوقف شود، کسب مقاومت بتن برای مدت کوتاهی ادامه می یابد، ولی پس از آنکه درجه اشباع حفره های مویینه داخل بتن به 80 درصد میرسد، کسب مقاومت بتن متوقف میگردد.

رعایت نکات زیر در هنگام عمل آوری توصیه می شود

ا- عملیات عمل آوری مناسب فورا پس از پخش بتن انجام شود.

2- برای عمل آوری صحیح بتن رطوبت نیاز است.

3- رطوبت دائم ضروری است زیرا که تر و خشک شدن موجب ترک در بتن می شود.

4- درجه حرارت ایده آل برای عمل آوری بتن 23 درجه سانتی گراد است.

5- عمل آوری به مدت 7 روز ادامه داده شود.

✓ مدت زمان مراقبت بتن هبلکس (عمل آوری)

مدت مراقبت به عواملی نظیر نوع سیمان، مقاومت مورد نظر، نسبت سطوح نمایان به حجم، شرایط آب و هوایی در هنگام ساختن با نسبت آب به سیمان و ریختن بتن بستگی دارد. زمان بر روی مقاومت بتن تاثیر عمده ای داشته و کاربرد زیادی در عمل پیدا نموده است. از آنجا که از نظر مقاومت، دمای دوران عمل آوری بسیار مهمتر از دمای بتن ریزی است. لذا لازم است در بتن های معمولی در هوای سرد برای مدتی مشخص حداقل دما را بالا نگهداشت. بتن های عمل آمده در هوای گرم در مناطق حاره مقاومت اولیه بالاتر ولی مقاومت نهایی پایین تری از بتنی که در زمستان یا در هوای سرد عمل آوری میشود نشان می دهند. در صنعت پیش ساخته از عمل آوری با بخار به منظور تسریع مقاومت و باز کردن سریعتر قالبها استفاده می شود. در یک بتن حجیم و بدون کنترل دما، بتن برای مدت طولانی، دمایی به مراتب بالاتر از دمای محیط خواهد داشت. بنابراین در مقایسه با مقاومت بتن های ساخته شده در دمای معمول **آزمایشگاه بتن**، بتن های ساخته شده در محل اغلب مقاومت اولیه بالاتر و نهایی پایین تری خواهند داشت

اثر طولانی مدت عمل آوری بر روی مقاومت بتن.

مقاومت بتن تحت تاثیر پارامترهای مختلفی قرار می گیرد. یک از این پارامتر ها طول مدتی است که بتن مرطوب نگهداری یا به عبارت دیگر عمل آوری می شود. نمودار (1) بیانگر این موضوع برای شرایط مختلف عمل آوری بتن در 180 روز می باشد

بتن ریزی باید در دمای مناسب انجام گیرد دمای زیر 7 درجه سانتیگراد باعث دیر خشک شدن بتن و دمای زیر صفر باعث منجمد شدن بتن می شود که باید از تسریع کننده بتن استفاده شود. گرمای بالای 29 درجه مثل آنچه در نواحی جنوبی ایران وجود دارد – هم باعث زود خشک شدن بتن می شود که برای این کار از دیرگیر کننده استفاده می شود.در حالت کلی بتون هنگامی که از میکسر خارج می شود بعد از 6 ساعت خشک می شود بطوری که دیگر به دست نمی چسبد اگرچه زمان خشک شدن بستگی به

میزان تحرک بتن، درجه حرارت محیط، محتوای رطوبت مواد تشکیل دهنده بتن، روش پرداخت و فرآوری بتن و مقدار مخلوط شدن آن دارد در طی 8 تا 24 ساعت شما قادر خواهید بود که روی بتن ریخته شده راه بروید اگر چه برای محکم شدن باید یک تا دو روز دیگر هم صبر کرد ولی توصیه می شود که برای حرکت خودرو روی سیمان باید حداقل سه روز از بتن ریزی گذشته باشد بعد از سه روز این بتن می تواند وزن خودرو را تحمل کند اما هنوز مدت طولانی لازم است تا استحکام کاملش را پیدا کند و تعجب نکنید اگر مهندسین معتقدند که خشک شدن واقعی بتن طی 28 روز تا یکماه صورت می گیرد. بتن همچنان با گذشت زمان شروع به محکم شدن می کند و بعد از ماهها و حتی گذشت یکسال به استحکام کامل می رسد.

✓ خواص بتن هبلکس

عمده خواص بتن سبک (هبلکس) عبارتست از :

وزن مخصوص : هر متر مکعب حدود 600 کیلوگرم .

• **مقاومت فشاری** : 30 تا 35 کیلوگرم بر سانتیمتر مربع با امکان افزایش آن بر حساب نیاز مصرف کننده .

کار کردن با بتن سبک (هبلکس) بسیار آسان است، مثلاً به راحتی می توان آن را اره نموده یا میخ در آن کوبید و یا جای پریز یا کانال عبور سیم برق و لوله آب را در آن به وجود آورد. علاوه بر این بتن سبک در مقابل آتش بسیار مقاوم است و کلیه شرایط سلامت محیط زیست را دارا می باشد.

با توجه به آیین نامه جدید محاسبه ایمنی ساختمان ها در برابر زلزله ، بکارگیری مصالح سبک وزن راه حل مناسب و با صرفه در جهت افزایش ایمنی ساختمان می باشد و بلوک های بتن سبک (هبلکس) تامین کننده این مزیت فنی است. یک متر مکعب بلوک هبلکس حدود 600 کیلوگرم وزن دارد که برابر 866 عدد آجر به وزن 1750 کیلوگرم می باشد ، به عبارت دیگر یک عدد بلوک 20×25×60 هبلکس مطابق با 46 عدد آجر است، در حالی که وزن آن برابر وزن 10 عدد آجر بوده و یک کارگر به راحتی می تواند آن را حمل نماید و سریعاً نیز نصب می گردد .

در ضمن ملات مصرفی برابر 25٪ ملات مورد نیاز برای اجرای همان دیوار با آجر بوده و به درصد سیمان کمتری نیز دز ملات نیاز دارد. به عنوان مثال چنانچه برای اجرای یک دیوار با آجر به یکصد کیلوگرم سیمان نیاز باشد همان دیوار در صورت استفاده از بلوک های هبلکس 15 کیلوگرم سیمان مصرف می کند.همچنین بارگیری و حمل بلوک های هبلکس که در قالب های 3/15 متر مکعبی بسته بندی می شوند با استفاده از جرثقیل فکی و تریلی کفی به راحتی و اقتصادی تر انجام میگیرد. یک تریلی 9 پالت بزرگ برابر 28/35 متر مکعب را حمل می نماید.

هبلکس = عایق گرما، سرما، صدا و مقاوم در برابر زلزله و ...

هبلکس = صرفه جویی در آهن یا آرماتور، زمان اجرا، ملات مصرفی، دستمزد و ...

هبلکس = چسبندگی قابل توجه با ملات سیمان و ماسه و گچ و خاک به موجب گواهی وزارت مسکن و شهرسازی .

✓ مزایای بتن هبلکس فنی

سبکی وزن ، عایق در برابر حرارت، عایق دز برابر برودت، عایق در برابر صدا، استحکام و پایداری در مقابل زلزله، آتش سوزی و بسیاری مزایای دیگر از محاسن بلوک های هبلکس نسبت به سایر مصالح قدیمی نظیر آجرهای معمولی و آجر های سفال می باشد.

✓ مزایای بتن هبلکس اجرائی:

با توجه به ابعاد و سبکی و راحتی نصب بلوک های هبلکس در همه ضخامت ها، سرعت اجرای بتون هبلکس نسبت به سایر مصالح به 3 برابر بالغ می گردد.

✓ مزایای بتن هبلکس اقتصادی :

پروژه های ساختمانی با استفاده از بلوک های هبلکس با در نظر گرفتن سرعت اجرا، به دستمزد کمتری احتیاج دارد و همچنین استفاده از هبلکس به سبب مصرف ملات کمتر و نیز کاهش بارهای وارده به سازه به دلیل وزن کم دیوار ها که موجب کاهش ابعاد

سازه می شود، صرفه جویی قابل ملاحظه ای را در هزینه مصالح مصرفی موجب می گردد.به علاوه در مقایسه میان مصالح سنتی و هبلکس اقلام زیر نیز ارقام توجه ای را تشکیل می دهند:

سرعت زیاد آجر چینی با هبلکس، سرعت زیاد کارهای تاسیساتی، کاهش مقاطع ساختمانی به هنگام محاسبه و صرفه جویی قابل ملاحظه در سازه های فلزی و بتنی. به علاوه استفاده از هبلکس موجب صرفه جویی چشمگیری در انرژی برای سرمایش و گرمایش ساختمان بعد از احداث می شود. همچنین ضایعات هبلکس کلا به عنوان پوکه مورد استفاده قرار می گیرد در حالی که ضایعات زیاد آجر عملاً بلااستفاده می ماند.

✓ دستور العمل اجرایی بتن هبلکس اقتصادی:

1- کادر اجرایی بتن هبلکس اقتصادی:

کارکردن با بتن هبلکس نیاز به تخصص خاصی ندارد با توجه به ابعاد و سهولت کار با هبلکس، سرعت اجرا نیز نسبت به آجر نیز نسبت به آجر سفال دو الی سه برابر افزایش می یابد .

2-ملات مورد نیاز جهت بتن هبلکس اقتصادی :

همان ماسه و سیمان می باشد و با توجه به اینکه بلوک های هبلکس یک نوع بتن سبک می باشد و هم گونی کاملی با ملات ماسه سیمان دارد می توان نسبت ترکیب را به پنج یا شش به یک تبدیل و در مصرف سیمان صرفه جویی بیشتری نمود، در مواردی که تیغه بندی های مورد اجرا با آب و رطوبت سر کاری نداشته باشند (مثل دیوار اتاق خواب، کار، ...) می توان از ملات گچ و خاک (به لحاظ صرفه جویی اقتصادی) نیز استفاده نمود.

3-جذب آب توسط بتن هبلکس اقتصادی :

با توجه به ابعاد و متخلخل بودن بلوک های هبلکس، نم و رطوبت توسط این بلوک ها منتقل نمی شود . در عین این که این بلوک ها نم و رطوبت را نسبت به مصالح مشابه جذب می کند، لذا در زمان استفاده از این بلوک باید نکات زیر را رعایت نمود :

اولاً : قبل از اجرا بلوک ها باید کاملاً خیس نمود.

ثانیاً : ملات مصرفی را نیز باید با رقّت بیشتری تهیه نمود.

ثالثاً : بعد از اجرا در صورت امکان به دیوارها آب داده شود.

4-اندود گچ و خاک برای بتن هبلکس اقتصادی :

با توجّه به سطح صاف و صیقلی هبلکس نسبت به سایر مصالح در صورت اجرای صحیح دیوار ها به اندودی بیش از 1 الی 2 سانتیمتر نیاز نخواهد بود (یعنی در هر طرف نیم الی یک سانتیمتر) .

5- نصب تاسیسات و روکار بتن هبلکس اقتصادی :

نصب تاسیسات و روکار بتن هبلکس اقتصادی مانند سایر مصالح می باشد

بتن پیش آکنده چیست

هر آنچه که باید درباره بتن پیش آکنده بدانید

جهت سیر ایمن خطوط ریلی، بایستی طی عملیات تعمیر و نگهداری خطوط ریلی، همواره این خطوط مورد بررسی قرار گیرند و از سالم بودن اجزای روسازی و زیرسازی خطوط ریلی اطمینان حاصل شود. این امر بوسیله بازدید های روزانه مامورین خط صورت گرفته و در صورت بروز مشکل در اجزای خط بایستی عملیات تعمیر صورت گیرد. بطور معمول عملیات تعمیر و نگهداری در خطوط ریلی بالاستی از اهمیت بیشتری نسبت خطوط بدون بالاست برخوردار است، چرا که این خطوط به دلیل انعطاف پذیری ناشی از شکل پذیری بالاست، مستعد خرابی های هندسی خط همچون نشست های نامتقارن، پیچش و اعوجاج می باشند. از سوی دیگر آلودگی بالاست در این خطوط باعث کاهش انعطاف پذیری خط گردیده و ضمن کاهش قدرت زهکشی خط، مقاومت جانبی و قائم خط را در شرایط مرطوب کاهش می دهد که این موضوع می تواند سبب کاهش پایداری خط و قطار و در برخی موارد خروج

از خط وسیله نقلیه گردد. و لذا بطور معمول بخش مهمی از هزینه های چرخه عمر خطوط ریلی بالاستی صرف تعمیر و نگهداری بالاست می شود. از طرفی افزایش ترافیک عبوری و زمان سیر قطارها در بعضی خطوط باعث بوجود آمدن مشکلاتی مثل نبود زمان کافی برای تعمیرات جزیی و عدم امکان مسدودی خط برای زمان طولانی جهت بهسازی و نوسازی خطوط بالاستی میشود. به دلیل حجم بالای ترافیک عبوری، مسدودی خط حتی در یک روز باعث خسارات قابل توجه مادی و نارضایتی مسافران این مسیرها خواهد شد. تمام این عوامل باعث شده که طی سالهای اخیر ساخت خطوط ریلی بدون بالاست مورد توجه بیشتری قرار گرفته و در خطوطی که دارای ترافیک دایمی می باشند استفاده از این نوع خط دارای مزیت های ویژه ای باشد. در سالهای اخیر تبدیل خطوط بالاستی به بدون بالاست با بکارگیری تکنولوژی ساخت بتن پیش آکنده در برخی کشور های دنیا مورد توجه قرار گرفته است.
اجرای بتن پیش آکنده بتدا در سال 1937 برای تعمیر یک تونل در کالیفرنیا انجام شد. طی سالهای متمادی بکارگیری این نوع بتن فقط در صحنه تعمیر پل و تونل خودنمایی میکرد اما پس از آزمایشهای مختلف، اداره احیاء اراضی ایالات متحده از این روش در بازسازی سرریز سد استفاده نمود و سپس در سال 1946 در تعمیرهای بالادست سدی در کلرادو این شیوه بکار رفت بطوریکه در سد مذکور درحالیکه دریاچه سد از آب پر بود، سریعاً طی 10 روز تزریق ملات انجام شد. گروه مهندسین ارتش آمریکا در سال 1951 نیز آن را بکار گرفتند و در سال 1954 و 1955 تقریباً بیش از 380000 مترمکعب از این بتن در ساخت 34 پایه پل بکار رفت. از سال 1950 در ژاپن و سپس در استرالیا و کشورهای دیگر این شیوه بتن ریزی و تعمیر به وفور بکار رفته است. در حوزه مهندسی راه آهن، از این روش اجرای بتن برای تبدیل خط بالاستی به دالخط استفاده گردیده است. در حدود 40 سال پیش برای اولین بار در کشور ژاپن، یک تعداد محدودی از خطوط بالاستی با این روش به دالخط تبدیل شدند. در سال 1970 ، تیپ های A ، B و D بتن پیش آکنده معرفی شدند که جزییات دقیق آنها در دسترس نیست. در سال 1983 ، تیپ E بتن پیش آکنده به عنوان تیپ پیشرفته شده ی B معرفی شد. در این تیپ، بجای آسفالت داغ از دوغاب سیمان به عنوان پر کننده بین دانه ها استفاده شد. در سال 1997 ، تیپ TC بتن پیش آکنده در راه آهن ژاپن معرفی و در سال 1988 در تاباتا- شینجوکو-تاماچی که بخشی از خط یا مانوته است، اجرا گردید. در سال 2002 نیز چندین بخش دیگر از خطوط راه آهن ژاپن به این نوع از دال خط تجهیز گردید و در نهایت تا سال 2008 ، 182 کیلومتر از خطوط متروی ژاپن به بتن پیش آکنده مجهز شد. در کشور کره ، از سال 2003 بطور جدی بحث بتن پیش آکنده کانون توجه قرار گرفته است. از سال 2007 در قسمت هایی از تونل های متروی سئول، از این بتن استفاده شده است. در سال 2009 نیز در یکی از پل های خط 2 متروی یانگ سان، این بتن اجرا شد.

✓ مشخصات و ویژگی های بتن پیش آکنده

بتن پیش آکنده به بتنی اطلاق می شود که سنگدانه آن در محل وجود داشته و با **روغن قالب بندی بتن** اطراف آن و تزریق ملات ماسه و **سیمان** با طرح اختلاط از پیش تعیین شده به داخل سنگدانه ها، آن را به بتنی تحت عنوان بتن پیش آکنده تبدیل می کنند. استفاده ی این بتن در پروژه های بزرگ توجیه پیدا می کند بنابراین در پروژه های با بتن ریزی های حجیم مثل سد، پایه پل، فونداسیون های بزرگ و اجرای درجای دال خط راه آهن به عنوان رویکردی جدید در مهندسی راه آهن، استفاده از متد اجرایی بتن پیش آکنده کانون توجه جامعه مهندسی قرار گرفته است. جهت افزودن ملات داخل سنگدانه، از کمپرسور فشار هوا استفاده می شود تا تمامی تخلخل بین سنگدانه ها توسط ملات پر شود. بدیهی است اگر ملات به صورت ثقلی وارد سنگدانه ها شود، نمی تواند تمامی فضاهای بین سنگدانه ها را پر نماید (علی الخصوص اگر نسبت آب به سیمان ملات مورد نظر پایین باشد).

✓ مزایای بتن پیش آکنده

استفاده از بتن پیش آکنده دارای مزایایی نسبت به بتن معمولی میباشد که میتوان این مزیت ها را، دلیل استفاده از این بتن نیز قلمداد کرد. از مهمترین ویژگی های این بتن می توان به موارد زیر اشاره کرد: عدم جدایی اجزاء تشکیل دهنده بتن و همگنی بسیار خوب آن به ویژه در بتنهای سنگین با داشتن سنگدانه های سنگین وزن با چگالی 5.3 تا 8.7 ، جمع شدگی خمیری کم و همچنین جمع شدگی کم ناشی از خشک شدگی که معمولاً در این بتنها نصف تا ثلث بتنهای معمولی مشابه هست. پتانسیل ترک خوردگی نیز بدین علت کاهش مییابد و این امر برای منابع آب و تعمیر و غیره بسیار مهم است، امکان مصرف سیمان کمتر که به نوبه خود گرمازایی و سرعت گرمازایی کمتر را در بتنهای حجیم باعث میگردد و تضاد ایجاد مقاومت و دوام با سیمان کم را با کارآیی **بتن** مرتفع میسازد، آببندی و دوام بهتر این بتنها در محیطهای خورنده به دلیل همگنی و ترک کمتر و نسبت آب به سیمان کم، امکان خنک سازی و گرم سازی ساده تر مصالح سنگی و ملات تزریقی در هوای گرم و سرد و بتن ریزی حجیم، امکان ایجاد نماهای خاص و بکارگیری مصالح سفید و رنگی در مجاورت سطح، امکان استفاده از دانه بندی گسسته در این بتن، عدم نیاز به تراکم (مگر در موارد لزوم) که خود یک امتیاز بزرگ برای بتن ریزی است، امکان ریختن بتن در زیر آب اعم از ساکن و جاری به ویژه در آبهای کم عمق و کمک در تثبیت و فروبردن قالبها در آب، امکان دستیابی به مقاومتهای نسبتا زیاد با به کارگیری نسبت آب به سیمان کمتر و مصرف روان کننده و **ژل میکروسیلیس** در ملات تزریقی. مقاومت 40 ، 60 و 90 مگا پاسکال برای سنین 28 و 90 روزه و یکساله بدون روانساز و میکروسیلیس گزارش شده است که با توجه به عیار سیمان آنها جالب توجه میباشد، کم کردن هزینه های تجهیز کارگاه به ویژه در بتن ریزیهای حجیم و سدها، داشتن مدول ارتجاعی بیشتر، ضریب

پواسون کمتر و خزش کمتر از بتنهای معمولی مشابه، امکان مصرف افزودنیهای حباب زا، روانساز، پوزولان ها، پلیمرها، حباب زداها، ضد قارچ، زودگیر کننده ها، کندگیر کننده ها، انبساط زاها و اتصال زاها.

✓ طرح مخلوط مصالح در بتن پیش آکنده

الف) مشخصات سنگدانه درشت

در این بخش مشخصات مصالح مصرفی اعم از سنگدانه ها و ملات ماسه سیمان مورد استفاده در اجرای بتن پیش آکنده مورد بررسی قرار داده می شود. - شنها باید از نوع شکسته کوهی یا نیمه شکسته رودخانه ها باشند تا پوکی لازم تأمین گردد. پوکی شن انباشته در قالب باید در حدود 0.35 تا 0.5 باشد.

- حتی الامکان باید از شن تقریباً یکدست (تک اندازه) استفاده نمود. دانه بندی بر روی پوکی تأثیر میگذارد. دانه بندیهای یکنواخت پوکی را بیشتر میکند.

- حداکثر اندازه شن بسته به ابعاد قطعه و نوع کار بین 25 تا 150 میلیمتر تغییر میکند. با افزایش حداکثر اندازه پوکی شن بیشتر میشود. حداکثر اندازه شن معمولاً کمتر از یک چهارم فاصله قالبها میباشد.

- شنها باید تمیز و عاری از گل و لای بوده و مسلماً باید از مقاومت و دوام کافی طبق استانداردهای معتبر برای سنگدانه های درشت برخوردار باشند.

- هر چه شن درشتتر، شکسته تر، یکدست تر و دارای چگالی ذرات کمتر باشد وزن مخصوص توده ای کمتری را خواهد داشت و به عدد 1.25 نزدیکتر خواهد شد.

- در بتنهای سنگین چگالی ظاهری ذرات شن بین 3.5 تا 7.8 می باشدکه مسلماً وزن مخصوص توده ای آنها به مراتب بیشتر از شنهای معمول خواهد شد. باریت، لیمونیت، هماتیت، ماگنتیت و حتی قطعات چدنی و فولادی از این جمله اند.

ب) مشخصات سنگدانه ریز

- اگر حداکثر اندازه شن کوچک شود ماسه هایی با مدول ریزی کمتر و حداکثر اندازه کوچکتر بکار میرود. به هرحال ملات ساخته شده با این ماسه باید بتواند به راحتی در لابه لای فضای خالی شنها حرکت نماید و آنها را پر کند. برای شن 150 میلیمتری با حداقل اندازه 40 میلیمتر، حداکثر اندازه ماسه 5 میلیمتر و مدول ریزی آن 2.1 تا 2.6 میباشد. برای شن با حداکثر اندازه 75 میلیمتر و حداقل اندازه 20 میلیمتر، حداکثر اندازه ما سه 3 میلیمتر و مدول ریزی آن 1.8 تا 2.3 میباشد. همچنین برای حداکثر اندازه 50 میلیمتر و حداقل اندازه 15 میلیمتر، حداکثر اندازه ماسه 2 میلیمتر و مدول ریزی آن 1.5 تا 2 میباشد. برای شن با حداکثر اندازه 38 میلیمتر و حداقل اندازه 12 میلیمتر، حداکثر اندازه ماسه 1.5 میلیمتر و مدول ریزی آن 1.3 تا 1.7 میباشد. اگر حداکثر اندازه شن به 25 میلیمتر برسد حداکثر اندازه ماسه به 1 میلیمتر محدود میشود.

- مصرف ماسه کاملاً گرد گوشه در همه موارد ارجحیت دارد.

- ماسه باید سخت، تو پر، بادوام و عاری از گل ولای (به ویژه در سطح) باشد.

- در بتنهای سنگین ممکن است از ماسه با چگالی زیاد استفاده شود که به دلیل عیار بالای سیمان و پوزولان امکان جدایی مواد در ملات کم است. بتنهای حاصله در این حالت دارای وزن مخصوص 3.5 تا بیش از 5.5 تن بر مترمکعب خواهند بود.

ج) مشخصات سیمان

مواد چسباننده شامل انواع سیمان های پرتلند یا آمیخته می باشد که می توان به همراه سیمان مقداری پوزولان بکار برد. سیمان پرتلند با انواع پنجگانه می تواند بکار رود. در صورت عدم تامین سیمان پرتلند نوع 3 و 4 می توانیم از افزودنی ها برای زودگیر یا **دیرگیر کننده بتن** استفاده نماییم. سیمان های مخلوط یا آمیخته نیز کاربرد وسیعی را برای این بتن ها دارند. سیمان های پرتلند پوزولانی و روباره ای، سیمان های پرتلند اصلاح شده با پوزولان و روباره اکثرا بکار می روند و باید مطابق استانداردهای

معتبر تولید گردند تا نتیجه مناسبی عاید شود. پوزولان های طبیعی و مصنوعی، فعال و نیمه فعال می توانند در این بتن ها به عنوان یک افزودنی یا جایگزین و یاری کننده سیمان بکار روند. پوزولان های طبیعی شامل خاکستر ها و توف های آتشفشانی، شیل ها و رس های خاص و دیاتومه ها می باشند. پوزولان های مصنوعی شامل شیل ها و رس های تکلیس شده، دیاتومه های تکلیس شده، روباره های آهن گدازی، خاکستر صنعتی، میکروسیلیس و خاکستر پوسته غلات و چوب (به ویژه خاکستر پوسته برنج) است پوزولان مناسب علاوه بر داشتن فعالیت پوزولانی (ترکیب با آهک در محیط آبدار و تشکیل ژل چسباننده) بایستی ملات را روان و خمیری سازد و مصرف آب را کم کند یا اقلاً آن را در ملات چندان بالا نبرد وگرنه نیاز به روان کننده ها ممکن است الزامی شود. به هر حال ویژگی های پوزولان ها باید مطابق با استاندارد های معتبر جهانی باشد.

✓ اجرا و ساخت بتن پیش آکنده

1-قالب بندی و درزبندی

2- کارگذاری لوله های تزریق ملات و سایر لوله های مورد نیاز

3-ریختن سنگدانه های درشت شکسته و نسبتا یک دست در قالب

4- تزریق ملات ریزدانه و شل ماسه سیمان در فضای خالی درشت دانه ها

5-لرزاندن قالب ها (در صورت نیاز) و تشکیل بتن مورد نظر

6-بالا کشیدن تدریجی لوله های تزریق ضمن ادامه دادن عمل تزریق و پر کردن قالب از بتن

7- نگهداری از بتن و باز کردن قالب ها

بتن سبک گازی و **بتن گازی** به انواع بتن سبک متخلخل گفته می شود که در ساختمان سازی به کار می روند. **بتن سبک گازی** و **بتن گازی** در دو شکل متفاوت **بلوک AAC و بلوک NAAC**ساخته می شوند که ویژگی‌های مشابهی دارند. هر دو نوع **بتن سبک گازی** ، وزن مخصوص پایینی دارند، عایق صدا و حرارت هستند، جلوی انتشار اتش و حریق را می گیرند و پایه یکسانی دارند. اما تفاوتی اندک در تولید انواع **بتن سبک گازی** و **بتن گازی** وجود دارد.

تفاوت بلوک NAAC با بلوک AAC

بتن سبک گازی و **بتن گازی** هر دو بلوک نام برده شده، بلوک متخلخل سبک هستند که در ساختمان سازی به کار می‌روند و ویژگی‌های مشابهی نیز

دارند. **بلوک NAAC** به بلوکی گفته می‌شود که به روش‌های گازی ساخته نشده است. **بلوک AAC**به روش گازی پخته می‌شود و پف می‌کند. بعد از این مرحله بلوک را می‌برند و به قطعات مورد نظر در دمای بالای ۲۰۰ درجه سانتی گراد استفاده می‌کنند. وزن مخصوص **بلوک AAC**از **بلوک NAAC** کمتر است و به همین دلیل مقاومت بیشتری دارد.

ویژگی‌های بتن سبک گازی و بتن گازی

بتن سبک گازی و **بتن گازی** مقاوم در برابر آتش شوزی

به علت پایه سیلیس در بتن متخلخل، **بتن سبک گازی** و **بتن گازی** مقاوم در برابر حریق و آتش سوزی است. هر چه قدر ضخامت **بتن سبک گازی** و **بتن گازی** بیشتر باشد، مقاومت آن در برابر آتش بیشتر خواهد بود. مقاومت **بتن سبک گازی** و **بتن گازی** به نسبت بلوک بتنی معمولی بیشتر است.

بتن سبک گازی عایق حرارتی

هر چه وزن مخصوص **بتن سبک گازی** و **بتن گازی** پایین تر باشد، **بتن سبک گازی** و **بتن گازی** در مقابل گرما و سرما، عایق بهتری خواهد بود. بنابراین از بلوک **بتن سبک گازی** و **بتن گازی** برای کاهش هزینه‌های انرژی و جلوگیری از اتلاف انرژِی استفاده می‌شود.

بتن سبک گازی مقاوم فشاری

بتن سبک گازی و **بتن گازی** تمام استانداردهای ۸۵۹۳ و ۸۵۹۶ موسسه استاندارد را پشت سر گذاشته است. ماندگاری **بتن سبک گازی** و **بتن گازی** نسبت به بتون معمولی بیشتر است و وزن بیشتری را نیز می‌تواند تحمل کند.

بتن سبک گازی عایق صوتی

صدا به راحتی از **بتن سبک گازی** و **بتن گازی** عبور نمی کند. در ساختمان‌هایی که از **بتن سبک گازی** و **بتن گازی** در ساخت ان استفاده شده است، میزان شکایت همسایه‌ها از یکدیگر کمتر است. درساختمان‌های **بتن سبک گازی** و **بتن گازی** صدای بسیار کمتری در بین دیوارها جابجا می‌شود.

استفاده از **بتن سبک گازی** و **بتن گازی** در بیمارستان‌ها و هتل‌ها و حتی دیوار اتوبان‌ها رایج است.

بتن سبک گازی و جذب آب پایین

بتن سبک گازی و **بتن گازی** به گونه ای طراحی شده است که در مقایسه با دیگر مصالح، جذب اب پایین تری دارد.

کاربرد بتن سبک گازی و **بتن گازی**

دیوارهای داخلی و خارجی را می‌توان با **بتن سبک گازی** و **بتن گازی** ساخت

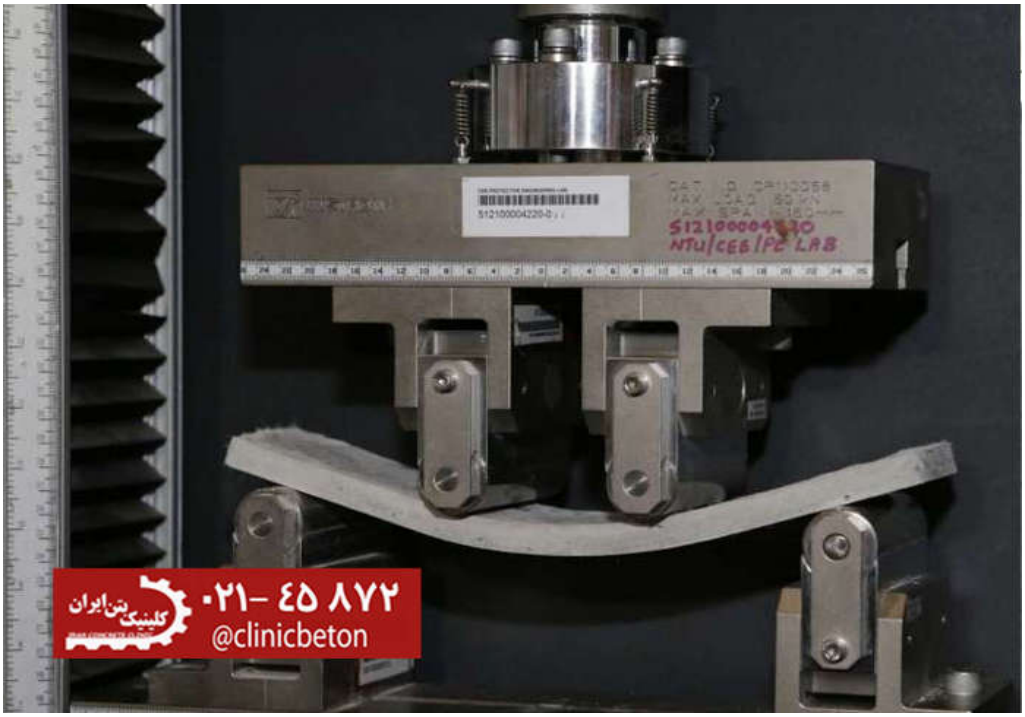
استفاده از **بتن سبک گازی** و **بتن گازی** در محیط‌های مرطوب مانند دستشویی و حمام و آشپزخانه به علت مقاومت بالای **بتن سبک گازی** و **بتن گازی** در برابر رطوبتکاهش هزینه‌های مربوط به نازک کاری با **بتن سبک گازی** و **بتن گازی** سرعت اجرای بسیار بالا در دیوار چینی با **بتن سبک گازی** و **بتن گازی**

بتن با مقاومت بالا

بتن یکی از **مصالح** ساختمانی ست که در ساخت سازه های مختلف کاربرد دارد. برای ساخت سازه های مقاوم, بتن کاربردی باید از مقاومت فشاری بالایی برخوردار باشد. امروزه مقاومت فشاری بتن از جمله مواردی ست که همواره مورد توجه کارشناسان ساختمانی قرار گرفته و تلاش های بسیاری بدین منظور صورت گرفته است. با پیشرفت تکنولوژی در کشورهای توسعه یافته, همواره ساخت

بتن و استفاده از آن در سازه های مختلف در حال گسترش است. این بتن ها از مقاومت کششی و فشاری بسیار بالایی برخوردار هستند و نفوذپذیری پایینی دارند. از جمله مواردی که مقاومت کششی بتن را بالا می برند شامل موارد زیر هستند:

- استفاده از شن و ماسه مقاوم در ساخت بتن
- رعایت نمودن نسبت مناسب ماسه به سیمان
- استفاده از سیمان با مدول نرمی مناسب
- استفاده از پوزولان هایی مانند دوده سیلیس برای افزایش تراکم و کاهش تخلخل
- حداکثر استفاده از مصالح سنگی



برای افزایش مقاومت بتن باید نسبت آب به سیمان کمتر باشد. انجام این کار مانع از هیدراته شدن بعضی از دانه های سیمان شده, این ریزدانه ها دانسیته را افزایش داده و مقاومت بتن را بالا می برند. علاوه بر کاهش آب مصرفی باید میزان سیمان را نیز کاهش داد و به جای آن مواد پوزولانی مانند خاکستر بادی, دوده سیلیس و سرباره کوره آهن گدازی را به آن افزود. با بالا رفتن مقاومت بتن احتمال شکنندگی و ترک خوردگی آن بیشتر میشود بنابراین برای نرم نمودن بتن می توان در ساخت آن از الیاف کوتاه استفاده نمود .مهمترین معیار برای ارزیابی کیفیت بتن مقاومت فشاری آن می باشد. مقاومت بتن به میزان تراکم آن بستگی دارد, بر همین اساس میزان روانی مخلوط باید به گونه ای باشد که بتوان به یک تراکم مناسب دست پیدا کرد. عدم تراکم در بتن باعث کاهش مقاومت بتن و ایجاد ترک خوردگی در آن می شود و پیوستگی بین میلگرد و بتن به صورت کامل انجام نمی گیرد. اگر در مخلوط به اندازه مناسب از موادی مانند فوق روان کننده ها و میکروسیلیس استفاده شود مخلوطی با تراکم بالا تولید خواهد شد.

از بتن با مقاومت بالا اصولا در ساخت ستون های ساختمان های مرتفع, سازه های فرا ساحلی, روسازی راه ها سازه های بتنی با هدف خاص و پل های بتنی پیش تنیده استفاده میشود. استفاده از این نوع بتن در ستون های ساختمان های مرتفع باعث کاهش ابعاد ستون و افزایش طبقات می شود. همچنین در ساخت سازه هایی مانند پایه های سقف جایگاه تماشاگران در میدان های ورزشی و خود میدان های ورزشی از بتن با مقاومت بالا استفاده می شود.

مزایای استفاده از بتن با مقاومت بالا

- کاهش نفوذپذیری در برابر عوامل شیمیایی

- افزایش خواص مکانیکی بتن
- بهینه سازی فضا با کاهش ابعاد هندسی سازه مورد نظر
- استفاده از رده های مختلف بتن با توجه به مقاومت مورد نیاز در طبقات مختلف ساختمان های بلند
- افزایش سرعت اجرا با کاهش حجم عملیات

آشنایی با انواع بتن های سبک به منظور مقاوم سازی و استانداردهای ملی مرتبط با آنها

CLC – Foam Concrete

بتن سبک کف دار یا بتن سبک فومی به نام دیگر بتن سلولی، یکی از انواع بتن سبک می باشد که بیش از 20 درصد آنرا هوا تشکیل داده است. این امر با استفاده از ترکیب ماده کف از پیش شکل یافته و مخلوط پایه سیمانی ایجاد می شود.
بتن کف دار در سال 1923 م . برای اولین بار معرفی شده است. اما فقدان مواد و تجهیزات پیشرفته کاربرد آنرا به پروژه های کوچک محدود کرد. در 20 سال گذشته توسعه منابع مورد نیاز، شامل پیشرفتهای مهم در تولید تجهیزات و ماده کف زا با کیفیت ، تولید و بتن ریزی این نوع بتن را در مقیاسهای بزرگ ممکن ساخته است. درنتیجه توسعه محدوده کاربردهای آن در صنعت ساخت و ساز را موجب شده است. در 15 سال گذشته استفاده از بتن های کف دار با سرعت زیادی نست به دیگر بتنهای خاص رشد یافته است بازار مصرف فعلی این محصول در انگلستان نزدیک به یک میلیون متر مکعب در سال می باشد. در حال حاضر بتن کف دار در سراسر دنیا بطور وسیعی در کاربردهای غیرسازه ای یا نیمه سازه ای مورد استفاده دارد. این موارد شامل پرکردن فضاهای خالی حجیم (مخصوصا وقتی دسترسی مشکل باشد مانند بتن لوله های فاضلاب، چاهها، سردابها، زیرزمینها، معادن، حوضهای ذخیره، تونلها و متروهای که بی مصرف هستند) تثبیت معابر تاسیسات، عایق صوتی و حرارتی تدارکات محافظت در برابر آتش یا پایداری خاک یا دیگر المانهای پیش ساخته و دیوارهای تزریق تونل. مهمترین امتیازات بتن کفدار جریان یافتن ، خود تراکم و خود تراز بودن ، سبک وزن بودن و تغییرات ابعادی کم می باشد. بعلاوه این ماده از خواصی نظیر مقاومت کم کنترل شده خواص عایق حرارتی عالی، ظرفیت باربری خوب، برداشته شدن آسان برخوردار می باشد. کف که به ماده پایه (مخلوط سیمان، آب، ماسه) اضافه می گردد باید توانایی پایدار ماندن و از بین نرفتن هنگام پمپ شدن، بتن ریزی و عمل آوری را داشته باشد. این فاکتور مخصوصا وقتی کف بخش غالب بتن می‌شود (مثلا مقدار کف بیش از 50٪) مهم می شود. در این در صد هوا چگالی حدودا

kg/m31100 می‌شود و در چگالیهای کمتر، بتن باید با مراقبت تولید و استفاده گردد ساختمان به طور مستقیم (به لحاظ سبکی ویژه این نوع بتن) و صرفه جویی در مصرف انرژی بطور غیر مستقیم(به لحاظ عایق بودن این نوع بتن در مقابل سرما و گرما و در نتیجه کاهش میزان مواد سوختی)، از لحاظ اقتصادی گام‌های بلند و مهم امروزه مهندسین و معماران سازنده ساختمان در دنیا با استفاده از بتن سبک در قسمت‌های مختلف بنا با سبک کردن وزنی برداشته‌اند.

مزایا و معایب بتن های سبک دریک نگاه

مزایا

1- ساخت سریع ترو نسبتاً ساده تر

2- حمل و انتقال ارزان تر به دلیل نیاز به انرژی کمتر

3- کاهش بار مرده و به سبب آن کاستن ابعاد و وزن سازه

4- قابلیت برشکاری و نیز شکل پذیری بهتر

معایب

1- طرح اختلاط سخت و حساس تر به نسبت های اختلاط خصوصاً میزان آب

2- پمپ کردن و انتقال دادن سخت تر با احتمال جداشدگی زیاد

3- نیازمند تجهیزات میکسر متفاوت و پیچیده تر نسبت به بتن های معمولی

بتن های سبک به چهار دسته تقسیم بندی می شوند:

1- بتن های سبکدانه

2- بتن های گازی یا هوادار

3- بتن های اسفنجی یا فوم بتن

4- بتن های فاقد ریزدانه

تقسیم بندی کاربردی بتن های سبک به دو دسته کلی انجام می گیرد:

الف – بتن های سبک سازه ای

ب – بتن های سبک غیر سازه ای

– بتن های سبک سازه ای معمولاً با دانستیته یا وزن مخصوص بالاتر از 1500 کیلوگرم در هر مترمکعب و مقاومت فشاری بالای 18 کیلو گرم در سانتیمتر مربع است.

– بتن های سبک غیر باربر نیز برحسب نوع محصول تولیدی دارای ویژگی ها و مشخصات فنی متفاوتی میباشند عمده کاربرد بتن های سبک غیر باربر در دیوارهای جداکننده و کف سازی می باشد.

بتن های سبکدانه

این دسته از بتن های سبک با استفاده از سبکدانه ها و با جایگزینی سنگدانه ها تولید میشوند، مقاومت این نوع از بتن های سبک از مابقی بتن های سبک دارای مقاومت بالاتری هستند و حتی بیشتر بتن های سبک سازه ای از نوع بتن های سبکدانه می باشند.

بتن-اسفنجی-مقاوم-سازی

استانداردهای بتن سبکدانه

1- شماره استاندارد 8591: بتن سبک-تعیین مدول ارتجاعی استاتیکی فشاری بتن هوادار اتو کلاو شده و یا بتن سبکدانه با ساختار باز-روش آزمون.

2- شماره استاندارد 9680: بتن سبک-تعیین چگالی خشک-بتن سبک دانه با ساختار باز

3- شماره استاندارد 7782: الح ساختمانی – بلوک های سیمانی سبک غیر باربر-ویژگیها

4- شماره استاندارد 9160: بتن سبک – قطعات پیش ساخته مسلح بتن هوادار اتو کلاو شده و یا بتن سبکدانه با ساختار باز تحت بار عرضی-روش آزمون

5- شماره استاندارد 9161: بتن سبک-قطعات پیش ساخته مسلح بتن هوادار اتو کلاو شده و یا بتن سبکدانه با ساختار باز تحت بار طولی (قطعه قائم ساختمانی)-روش آزمون.

انواع سبکدانه مصرفی در این دسته از بتن های سبک به دو دسته تقسیم می شوند:

– سبکدانه های صنعتی

– سبکدانه های معدنی

سبکدانه-صنعتی-معدنی

بتن های گازی یا هوادار (Aerated Concrete)

این دسته از بتن های سبک با استفاده از گاز هیدروژن متصاعد شده از ترکیب پودر آلومینیوم و خمیر سیمان تولید می شود. سیلیس از مهمترین مواد اولیه بتن سبک AAC می‌باشد و از معادن داخل کشور تهیه می‌شود، آهک نیز بصورت فرآوری شده و پخته شده به داخل کارخانه حمل می‌گردد.در خط تولید بتن سبک یا AAC سه سیلوی نگهداری مواد اولیه وجود دارد که عبارتند از: سیلوی سیلیس، سیلوی آهک و سیلوی سیمان، که مواد اولیه پس از نگهداری در این سیلوها به تدریج وارد خط تولید می‌شوند. سیلیس، آهک و سیمان بوسیله الواتورهای مخصوص از سطح زیرین سیلوها به داخل آن‌ها منتقل و درمدت زمان مشخص وارد خط تولید می‌شوند.در نخستین مرحله از تولید بتن سبک، مواد اولیه شامل سیلیس و آب بصورت دوغاب یا گل درآورده می‌شود مواد مورد مصرف شامل سیلیس، آهک و سیمان بصورت خشک پس از توزین مخلوط می‌شوند و در واقع دو آسیاب در این مرحله وجود دارد شماره (آسیاب مواد تر) و (مواد خشک) که پس از مخلوط شدن و فرآوری، مواد به محل قالب ریزی انتقال داده می‌شوند.پیش از آنکه مواد به قسمت قالب ریزی انتقال یابند بدقت توزین شده و در میکسرهای مخصوصی در مدت زمان لازم و مشخص مخلوط می‌شوند. مرحله بعدی کار مرحله قالب ریزی مواد است که مواد مخلوط شده در داخل قالب‌هایی که هر کدام تقریباً ۳ متر معکب گنجایش دارند ریخته می‌شوند.. این مواد پس فعل و انفعالات شیمیایی در زمانی مشخص بصورت قالب‌های مورد نظر در می‌آیند این زمان حدود ۳،۵ ساعت به درازا می‌کشد. اینک زمان آن رسیده‌است تا قالب‌های تولیدی را به خط ریخته‌گری انتقال دهند؛ این قالب‌ها بوسیله شیفتر به خط ریخته‌گری کارخانه برده می‌شوند تا این مرحله از کار انجام شود.

قالب‌های تولیدی را بامازوت، اندود می‌کنند تا در مرحله ریخته‌گری چسبندگی ایجاد نشود. میزان حرارت موجود و آمادگی قالب‌ها برای خط برش بوسیله متخصصان کارخانه اندازه‌گیری می‌شود تا پس از اعلام آمادگی قالبها به خط برش منتقل شود. بعلت تغییراتی که می‌تواند در مواد اولیه رخ دهد، این مواد پیش از ورود به خط، کنترل شده و آزمایش‌های شیمیایی روی آن‌ها انجام می‌شود و پس از ورود به خط نیز بنا به کیفیتی که درون قالب‌ها دارد، تحت آزمایش و کنترل کیفی قرار می‌گیرند. در این بخش از کارخانه سطح خارجی قالب‌ها برداشته می‌شود تا یک سطح هموار و مشخصی از تمام قالب‌ها نمایان گردد در این قسمت دیوارهای جانبی قالب‌ها جدا و از واگن‌ها جدا می‌شوند و آنگاه به بخش برش انتقال می‌یابند. در این بخش پس از دیواره برداری از قالب‌ها،

ابتدا برش‌های عرضی به قالبها داده می‌شود و آنگاه با دستگاه‌های برش و با دقت و توجه خاص کارکنان و متخصصان کارخانه برش‌های طولی قالب‌ها انجام خواهد شد. اندازه برش‌های طولی و عرضی قالب‌ها بسته به تقاضای مصرف‌کنندگان و بازار مصرف آن دارد که قابل تنظیم و تغییر خواهد بود. پس از مرحله برش، قالب‌ها بر روی واگن‌های مخصوصی قرار می‌گیرند تا به بخش بلوکی که مرحله پخت قالب هاست انتقال یابد. قالب‌های محصول در مرحله پخت وارد اتو کلاوها می‌شوند و در حرارت ۲۰۰ درجه سانتی گراد و با فشار ۱۲ اتمسفر پخته و عمل آوری می‌گردد. قالب‌ها در اتوکلاوها و پخت کامل به بخش بارانداز محصولات آماده تحویل انتقال می‌یابند تا به تدریج به بازار مصرف عرضه شود

دستورالعمل‌ها:

- بتن هوادار اتوکلاوشده (AAC) همگونی کامل با انواع ملات (ماسه، سیمان، گچ، خاک) را دارد.
- ملات مصرفی از آب کافی برخوردار باشد.
- پس از اجرای کامل دیوارها جهت اجرای صحیح گچ باید سطح دیوارها آب پاشی شود و فاصله بین مرطوب کردن دیوارها و انجام عملیات مورد نظر از یک ساعت تجاوز کند.
- به دلیل خواص مکانیکی و ترموفیزیکی متفاوت مصالح ساختمانی از بکار بردن هم‌زمان بلوک سیپورکس با سایر مصالح ساختمانی مانند آجر، بلوک سفالی، بلوک سیمانی در دیوارها خوداری شود.
- جهت برش قطعات می‌توان از وسایلی مانند تیشه و اره چوب بری، شیارزن استفاده نمود.
- بمنظور نصب وسایل بر روی دیوار (قاب عکس، تابلو) می‌توان از پیچ و رول پلاک استفاده نمود.
- بمنظور نصب تأسیسات مکانیکی و الکترونیکی به راحتی توسط یک دستگاه برش (فرز) می‌توان مسیر عبور را در داخل بلوکها تعبیه نمود.

مقاومت حرارتی عالی AAC نقشی بزرگ را برای حفاظت محیط توسط کاهش ظرفیت نیاز به هوای گرم یا خنک در ساختمانها برعهده دارد. به اضافه اینکه قابلیت استفاده راحت از این محصول، برش درست آنرا باعث می‌شود که این تولید ضایعات سخت در حین مصرف را به حداقل می‌رساند.بر خلاف دیگر مواد ساختمانی AAC می‌تواند نیاز به استفاده از عوامل ایزولاسیون در ساختمان را که باعث افزایش تأثیر بر محیط و قیمت محصول می‌شود را منتفی نماید. شن کوارتز، آهک یا سیمان به مثابه عامل پیوندکننده، پودر آلومینیوم به نسبت ۵ درصد (با توجه به دانسیته از قبل طراحی شده) و آب زمانی که مخلوط شده و در قالبها ریخته می‌شوند باعث پیدایش واکنش‌های متعدد شیمیایی می‌شوند که وزن سبک و خواص حرارتی AAC را تأمین می‌کنند. پودر آلومینیوم با هیدروکسید کلسیم و آب وارد واکنش شده و هیدروژن تولید می‌کند. گاز هیدروژن مخلوط خام را تا دو برابر حجم فوم می‌نماید (توسط حبابهای گازی باقطر حدود یک‌هشتم اینچ) در پایان پروسس فرمینگ هیدروژن به اتمسفر گریخته و توسط هوا جایگزین می‌شود. زمانی که فومها از مواد جدا می‌شوند محصول جامد ولی هنوز نرم است که بشکل پنل و بلوک بریده شده و برای مدت ۱۲ساعت در اتاقک اتوکلاو قرار داده می‌شود.در شرایط فشار بخار، پروسه سخت شدن تا زمانی که درجه حرارت به ۱۸۰°C و فشار به ۱۲ bar می‌رسد ادامه می‌یابد. دانه‌های کوارتز باهیدوکسید کلسیم واکنش داده و کلسیم سیلیکوهیدرات تولید می‌نماید که این عاملی است که مقاومت بالا و خواص مشهود AAC را بوجود می‌آورد.

کارکردن با بتن سبک بسیار آسان است مثلاً به راحتی می‌توان آنرا اره نموده یا میخ در آن کوبیده شود یا جای پریز یا کانال عبور سیم برق و لوله آن در آن بوجود آورد. علاوه بر این بتن سبک در مقابل آتش بسیار مقاوم است و کلیه شرایط سلامت محیط زیست را دارا می‌باشد. کارکردن با این نوع بتن‌های سبک نیاز به تخصص خاصی ندارد. با توجه به ابعاد و سهولت کار، سرعت اجرا نیز نسبت به آجر و سفال تا ۲ الی ۳ برابر افزایش می‌یابد

به دو دسته ی کلی زیر تقسیم بندی می شود:

1- بتن های هوادار اتو کلاو شده AAC

2- بتن های هوادار غیر اتوکلاوی NAAC

بتن-اتو-کلاو-شده

بتن سبک اسفنجی یا فوم بتن (CLC – Foam Concrete)

فوم-بتن

- این بتن از ترکیب فوم و یا همان ماده کفزا با بتن ریزدانه ماسه ای ایجاد می شود.
- بیشترین کاربرد این نوع از بتن سبک در کفسازی، شیب بندی و به عنوان پرکننده می باشد.
- مهمترین مزایای آن قیمت تمام شده پایین و روش تولید آسان آن می باشد.
- مهمترین مشکل این نوع از بتن های سبک جمع شدگی بالا و نیز مقاومت فشاری پایین می باشد.

مشخصات فوم – بتن

مشخصات-فوم-بتن

لازم به ذکر است استاندارد ملی در رابطه با فوم بتن شماره استاندارد 14504 می باشد.

استانداردها و انواع مواد افزودنی های بتن

استانداردهای مجزای کشورهای اروپایی طی سال 2002 فسخ شده و از این سال استاندارد جدید اروپایی EN 934 معرفی شد،که انواع اصلی مواد افزودنی را شامل می شود. این استاندارد در حال حاضر به پنج بخش تقسیم شده است. EN 934 ، مواد افزودنی برای بتن (قسمت 2) ، ملات (قسمت 3) ، گروت (قسمت 4) و بتن شاتکریت (قسمت 5) را پوشش می دهد. قسمت 2 ، که مربوط به مواد افزودنی بتنی ست ، احتمالاً مهمترین بخش این استاندارد است.

مواد افزودنی بتن تحت پوشش استاندارد EN 934

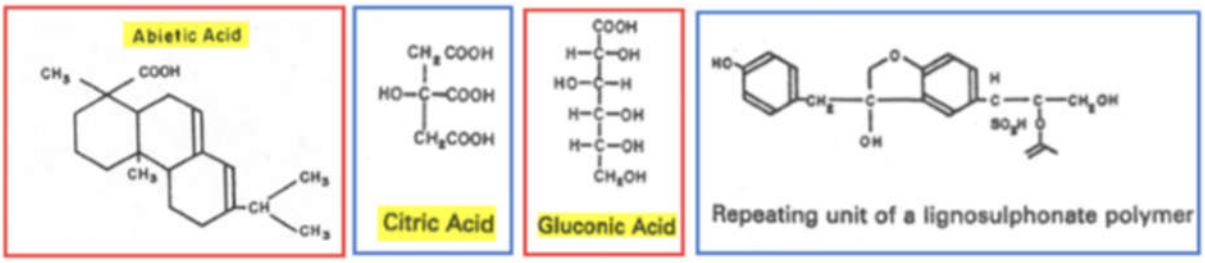
- روان کننده بتن / کاهنده های آب معمولی (WRA) EN 934-2
- ابر روان کننده بتن / کاهنده های آب (HRWRA) EN 934-2
- روان کننده و دیر گیر کننده بتن EN 934-2
- زود گیر کننده بتن / افزودنی کسب مقاومت سریع برای بتن EN 934-2
- حباب ساز و هوا زا برای بتن EN 934-2
- کیورینگ و عمل آورنده بتن EN 934-2
- آب بند کننده بتن EN 934-2
- مواد افزودنی ملات آماده EN 934-3
- افزودنی های بتن شاتکریت EN 934-5
- افزودنی برای بتن های تزئینی و پیش ساخته EN 934-4

چرا از Admixtures (افزودنی های شیمیایی بتن) استفاده می کنیم؟

مزایای اقتصادی و منفعت کارفرمای پروژه برای رسیدن به بهینه ترین طرح اختلاط از اهداف هر پروژه ی عمرانی ست .برای پیمانکار پروژه نیز افزایش سرعت به معنای کاهش هزینه هاست از طرفی تضمین کیفیت با افزایش کارایی مناسب (قوام) ، تراکم پذیری ، انسجام سازه های بتنی حاصل می گردد . برای طراحان و مشاوران هم امکان ساخت بتن توانمند برای نیاز های ویژه مطابق خواست کارفرما را فراهم می کند. مسئله دوام و پایداری سازه برای مصرف کننده حائز اهمیت است. همچنین مسائل زیست محیطی و تاثیرات کاهش خطا در مدت زمان پروژه و مصارف انرژی به محیط زیست سالم تر و توسعه پایدار دولت ها و ملت ها کمک می کند.

مواد شیمیایی فعال سطح (سورفکتانت)

فرمول شیمیایی مواد شیمیایی فعال سطح شامل یک زنجیره هیدروکربن غیر قطبی (دافع آب) با قطبی آنیونی (جاذب آب) است.در شکل زیر عملکرد ماده هیدرولیک با یک سر آزاد و نحوه اتصال آن به واحد تکرار شونده لیگنو سولفونات مشاهده می شود. (در واقع سورفکتانت ها با کاهش نیروی کششی آب امکان جدا شدن ملکول های آب را فراهم کرده و پراکندگی آب را راحت تر می کنند)



ترکیبات کاهنده های آب (پلاستیک سازها)

پلاستیسایزرها ماده ای آلی یا ترکیبی از مواد آلی و معدنی هستند که در صورت افزودن به هر ماده ی مخلوط ، میزان آب را برای درجه خاصی از کارایی کاهش می دهند.

اجزاء سازنده مواد افزودنی در بتن

مواد تشکیل دهنده روان کننده ها در بتن عبارتند از: سورفاکتانتهای آنیونی (مانند لیگنوسولفوناتها ، نمکهای سولفوناتهای هیدروکربن)، سورفاکتانتهای غیر یونی (مانند استرهای پلی گلیکول، اسیدهای کربوکسیلیک هیدروکسیله) وسایر کربوهیدرات ها از جمله کلسیم، سدیم و لیونوزولفونات های آمونیوم. روان کننده بتن از 0.1 تا 0.4 درصد وزن سیمان مصرفی با بتن مخلوط می شود و با افزایش کارآیی و روانی و اسلمپ از 25 تا 120میلی متر (یعنی به اسلمپ بتن کارگاهی – 60 تا 80 میلیمتر- حداقل 25 و حداکثر 120 میلیمتر اضافه می کند) و درصد آب را از 5 تا 15 ٪ کاهش می دهد. اثر ترکیبات کاهنده آب در مخلوط های بتنی می تواند به سه طریق اعمال شود ، که در شکل زیر نشان داده شده است.

مکانیزم و روش عملکرد روان کننده بتن

در مخلوط بتن، ذرات سیمان مولکول های روان کننده را جذب کرده و باعث تغییر بار الکتریکی سطحی هم نام شده و در اثر نیروهای دافعه موجب پراکندگی سیمان می گردند. در نتیجه این عمل باعث افزایش قابلیت انعطاف پذیری و کارایی و روانی و افزایش اسلمپ بتن می شود. بعضی از روان کننده های بتن همچنین حباب هوا را به درون مخلوط بتن کشیده (هرچند یک ماده روان کننده مطلوب چیزی کمتر از 2 درصد هوا وارد می کند) و حباب های هوا به مثابه ساچمه امکان غلطیدن لایه های بتن در حال میکس شدن را فراهم می آورند. روان کننده های بتن در برند های مختلف منجمله «کلینیک بتن ایران» که علاوه بر آن امکان انجام تغییرات به خواست مشتری در فرمول روان کننده ها و افزودنی های بتن را دارد، با مشخصات فنی، نحوه ترکیب، میزان مصرف متنوع در بازار موجود هستند. شکل زیر پراکندگی ذرات سیمانی با آزاد شدن آب و افزایش سیالیت مخلوط پس از افزودن روان کننده بتن را نشان می دهد.

موارد استفاده ی روان کننده های بتن

- کسب مقاومت بیشتر با کاهش نسبت آب به سیمان در اسلمپ مشابه با طرح اختلاط شاهد (شاخص).
- کاهش حرارت هیدراتاسیون و سرعت واکنش سیمان در بتن ریزی های حجیم.
- افزایش کارایی و اسلمپ بتن برای دسترسی به نقاطی از قالب بندی که امکان نفوذ بتن در آن به راحتی امکان پذیر نیست.
- کاهش آب بیش از 5٪ تا 12٪ نسبت به طرح اختلاط اولیه بتن.

شایان ذکر است مواد افزودنی متداول در بتن نمک های لیگنو سولفوناتها و اسیدهای هیدروکربولیک هستند. روان کننده های بتن معمولاً بر پایه لیگنوسولفونات، که یک پلیمر طبیعی است، حاصل فرآوری چوب در صنعت کاغذ سازی یا حتی عصاره ی نیشکر و چغندر است. روان کننده های بتنی که خاصیت دیر گیری در بتن ایجاد می کنند یک غلاف بر روی ذرات سیمان ایجاد کرده و تا زمانی که پیوستگی ملکول های **فوق روان کننده بتن** دیرگیر پایدار است، واکنش هیدراتاسیون سطحی بین آب و سیمان را مهار می کند.

تأثیر روان ساز های بتن و کاهنده های آب بر روی خواص مکانیکی بتن

دوز افزودنی به نوع سیمان، نوع سنگدانه و درجه بندی، نسبت مواد مخلوط و درجه حرارت محیط وابسته است اما بطور کلی روان کننده بتن ability کارایی و روانی بتن و اسلمپ اولیه را برای مدت زمان مشخصی بالا می برد. همچنین مقاومت فشاری بتن با استفاده از مواد افزودنی کاهش دهنده آب در بتن با کاهش نسبت آب به سیمان و افزایش عیار سیمان در زمان بتن ریزی ضمن حفظ کارایی و روانی بتن در سطح مناسب افزایش می دهد. نمونه تأثیرات ترکیبات کاهش دهنده آب بر کارایی و مقاومت بتن در جدول زیرنشان داده شده است.

جدول 2

موارد احتیاطی برای استفاده ی بیش از حد از افزودنی های بتن

مقدار بیش از حد کاهش آب یا افزایش کارآیی و روانی بتن با مصرف بیش از اندازه یا overdose افزایش می یابد. مصرف بیش از اندازه در موارد خاص می تواند باعث عدم سفت شدن بتن، افزایش حباب هوا با ریسک تخلخل بتن، آب انداختگی بدن، جداشدگی مصالح سنگی از شیرابه بتن و افت مقاومت و افزایش نفوذ پذیری و ترک در بتن و در نتیجه افت دوام و پایایی آن گردد.

کاهنده شدید آب در بتن یا ابر روان کننده بتن HRWR) High Range Water Reducing Admixture for Concrete)

ابر روان کننده های بتن که سه تا چهار برابر روان کننده های معمولی بتن قابلیت کاهش نسبت آب به سیمان در مخلوط بتن را دارند از دهه 70 میلادی در صنعت عمران مورد استفاده قرار می گیرند.

بطور کلی این دسته افزودنی های بتن در چهارگروه دسته بندی می شوند:

1-میعانات ملامین فرمالدئید سولفون شده که برای استفاده در مناطق جغرافیایی معتدل با دمای پایین مناسب است و دوز مصرفی آن 0.5 تا 3 درصد وزن سیمان است.

2- میعانات سولفونه شده نفتالین فرمالدئید که برای استفاده در مناطق جغرافیایی گرم دمای محیط بالا مناسب تر است و درصد مصرف آن 0.5 تا 3٪ وزن سیمان می باشد.

3-پلیمرهای اصلاح شده لیگنو سولفونات ها که مناسب محیط های شرجی که در آن تغییر دما زیاد می باشد است و با دوز بیش از 1/5٪ وزن سیمان پیشنهاد می گردد.

4- ترکیبات کروبکسیلاتی با دامنه حفظ اسلمپ بالا و روانی فوق العاده به بتن که درصد وزنی مصرف به نسبت وزن سیمان در آن 0/2 تا 0/3 درصد و پاره ای موارد 0/5٪ است.

ابر روان کننده بتن بر روی سطح ذرات سیمانی جذب می شود و بدین ترتیب میزان جذب ذرات سیمان کاهش می یابد و پراکندگی یکنواخت تر دانه های سیمانی را نسبت به افزودنی کاهنده آب در بتن عادی را موجب می شود. در اصل، مکانیسم پراکندگی ابر روان کننده های بتن عمدتا به دلیل خاصیت «مانع استریکی» یا «ممانعت فضایی» در ملکول هاست. زنجیره های پیوندی مولکول های پلیمری روی سطح سیمان به خودی خود مانع جمع شدن و ترکیب «آگلومرا» (agglomerate کلوخه یا تجمع ذرات کلوئیدی) و اجزای بزرگ و نامنظم ذرات سیمان می شوند. اثر مانع استریکی باعث افزایش ظرفیت ذرات سیمانی برای جداسازی و پراکندگی می شود و در نتیجه ساختار پراکنده را برای مدت زمان طولانی تر حفظ می کند. در این مخلوط بتن، افت اسلمپ و روانی بتن دیرتر صورت می پذیرد.

مکانیسم اثر استریک Steric Hindrance Mechanism یا ممانعت فضایی (ممانعت فضایی هنگامی رخ می دهد که اندازه ی بزرگ گروه های تشکیل دهنده ی یک مولکول، مانع انجام واکنش های شیمیایی ای شود که در مولکول‌های مشابه ولی با اندازه ی کوچک تر مشاهده شده است.) در مخلوط بتنی حاوی ابر روان کننده بتن SuperPlasticizer Concrete و در نتیجه حفظ اسلمپ طولانی تر است، در شکل زیر نشان داده شده است.

مزایای استفاده از ابر روان کننده های بتن

- کاهش قابل توجه نسبت آب به سیمان و در نتیجه افزایش مقاومت فشاری در بتن.
- کاهش میزان سیمان مصرفی در بتن های اقتصادی.
- افزایش کارآیی و اسلمپ و روانی بتن به همراه حفظ اسلمپ طولانی تر نسبت به افزودنی های بتن مشابه.
- کاهش ریسک از دست رفتن بتن به دلیل فاصله حمل.
- استفاده موثرتر از سیمان.
- کسب مقاومت سریع در بتن.
- افزایش مقاومت بلند مدت بتن.

- کاهش نفوذپذیری بتن.

نقاط ضعف ابر روان کننده های بتن

هزینه استفاده از این افزودنی بتن زیاد است. هرچند ممکن است باعث مصرف سیمان کمتر یا حتی با توجه به دوز مصرف، کاهش هزینه حمل و انبار داری شود، اما این تنها در پروژه ها و ساخت و سازهای عمرانی بزرگ توجیه دارد، علاوه بر آن این نوع ابر روان کننده ها رنگ شیره بتن را تغییر داده بنابرین تا حدودی رنگ بتن اولیه را تغییر می دهند. ضمنا نسبت به برخی از تیپ های سیمان عملکرد مناسبی ندارند و به دلیل آنکه تغییر دوز مصرف می تواند اثرات مخربی بر بتن نهایی بگذارد، استفاده از آن نیازمند تجربه و دانش کافیست.

کاربرد ابر روان کننده ها در بتن خود متراکم Self Concrete Compacting (SCC)

ابر روان کننده ها در بتن خود متراکم با افزایش اسلمپ و روانی بتن باعث می شوند تا بتن به نقاط غیر قابل دسترس نفوذ پیدا کند. مثلا دربتن ریزی اسلب کف و رو سازی هایی با ضخامت پایین، با کمترین ضربه و لرزش تراکم مناسبی ایجاد می شود، این تراکم مناسب در جایی که مانعی همچون مقاطع کوچک بتن ریزی، ارتفاع زیاد قالب بندی یا شلوغی شبکه آرماتور وجود داشته باشد باعث بهبود کیفیت می گردد. در سازه های آبی این تراکم باعث کاهش نفوذ پذیری بتن در برابر آب شده و دوام سازه بتنی را افزایش می دهد. در دوره های اورهال و تعمیرات، کسب مقاومت سریع در بتن، مدت زمان مورد نیاز برای بارگذاری را کاهش داده و تسریع در بازگشت به چرخه بهره برداری را موجب می شود. یکنواختی بتن برای سازه های مدفون در محیط های خورنده امکان خوردگی شبکه آرماتور، اکسیداسیون، واکنش های قلیایی و حمله کلورها را کاهش می دهد.

نکات قابل توجه در طرح مخلوط بتن به همراه ابر روان کننده

برای بتن با کارایی بالا ، توجه به طرح اختلاط بسیار مهم است تا آب انداختگی یا جداشدگی در بتن ایجاد نگردد. به طور خاص ، شاید لازم باشد که سنگدانه های ریز دانه 5٪ به نسبت حجم کل افزایش یابد.

همینطور توصیه می شود ابر روان کننده بتن درست قبل از تخلیه به بتن اضافه شده و در میکسر با سرعت کامل و دور تند حدود دو دقیقه مخلوط شود.

برای بتن هایی که از کارخانه بتن تامین می گردند باید تمهیداتی برای اضافه کردن فوق روان کننده بتن پس از رسیدن تراک میکسر در محل پروژه در نظر گرفته شود زیرا مدت زمان روانی و عدد اسلمپ بتن به مرور کاهش یافته و زمان حمل نیز از بازه ی حفظ اسلمپ کم می شود.

با توجه به کارکرد ابر روان کننده در بتن خود متراکم ویبره ی بیش از حد بتن موجب آب انداختگی Bleeding of concret و جدا شدن سنگدانه ها از شیره بتن شود. اما اگر از قابلیت کاهش آب ابر روان کننده بتن استفاده می گردد می توان به روش معمولی از ویبراتور بتن استفاده کرد.

افزایش سیالیت بتن در حال حرکت به معنای اعمال فشار اضافی بر روی قالب می باشد. قالب باید برای مقاومت در برابر فشار هیدرواستاتیک طراحی و در هنگام بتن ریزی از قابل اعتماد بودن تجهیزات پشت قالب اطمینان حاصل شود.

درجدول زیر مقایسه ای بین ترکیبات کاهنده آب نرمال و ترکیبات کاهنده شدید آب نشان داده شده است.

جدول 3

ماده افزودنی هوازا و حباب ساز در بتن

مواد افزودنی هوازا برای ساخت و تثبیت حباب های میکروسکوپی هوا (عمدتا بین قطر 0.25-1 میلی متر) در بتن استفاده می شود. ورود هوا به طرز چشمگیری باعث افزایش دوام بتن های در معرض چرخه انجماد و ذوب خواهد شد. هوای ورودی مقاومت بتن در برابر شن زدگی سطح ناشی از chemical deicers یا اثر شیمیایی غلظت ضدیخ ها بر روی بتن را تا حد زیادی بهبود می بخشد. علاوه بر این ، کارایی و روانی بتن تازه به میزان قابل توجهی بهبود یافته ، و جداشدگی و آب انداختگی کاهش یافته یا از بین می رود.شکل زیر تأثیر استفاده از ماده هوازای بتن را نشان می دهد.

مواد شیمیایی مورد استفاده در ترکیبات هوا زای بتن عبارتند از:

- رزین های چوبی طبیعی
- چربی های حیوانی و گیاهی و روغن هایی مانند چربی گوشت ، روغن زیتون و اسیدهای چرب آنها مانند استئاریک و اسیدهای اولئیک. مواد مرطوب کننده مانند نمک های قلیایی یا ترکیبات آلی سولفوناته
- صابون های محلول در آب
- نمک های سدیم ، اسیدهای نفتی، سولفونیک نفت ، پراکسید هیدروژن و پودر آلومینیوم و غیره

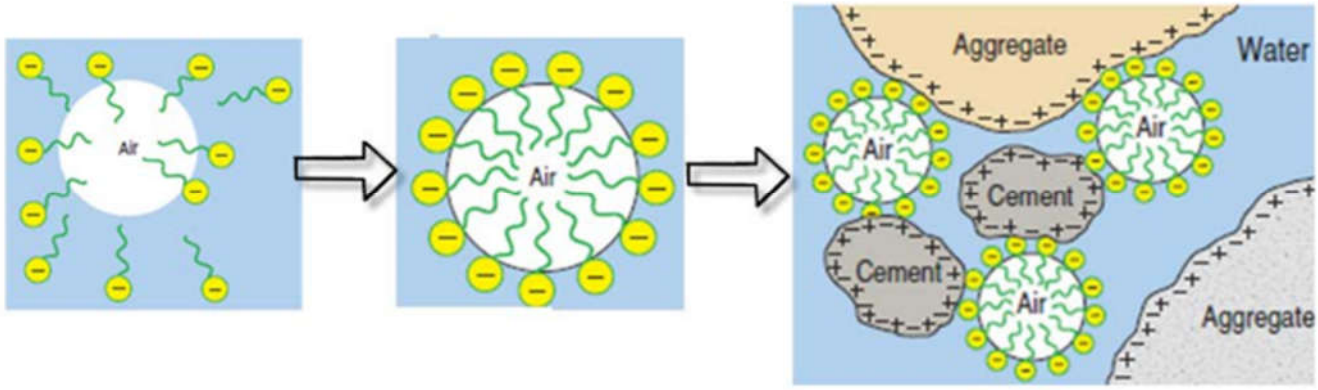
عوامل موثر در تشکیل و کنترل مقدارحباب هوا در بتن

یک دوز معمولی از حباب ساز یا هوازای بتن شامل 0.0005 تا 0.05٪ وزن سیمان، ماده فعال است. عوامل مؤثر بر مقدار حباب تشکیل شده عبارتند از:

- نوع و مقدار مواد هوازای استفاده شده
- نسبت آب به سیمان در مخلوط بتن
- نوع و درجه بندی مصالح سنگی
- مدت زمان اختلاط بتن
- دمای محیط و یا مخلوط بتن
- نوع و عیار سیمان
- نحوه ی متراکم شدن بتن حین اجرا
- مواد شیمیایی افزودنی بتن در طرح اختلاط

مکانیزم عملکرد هوازا

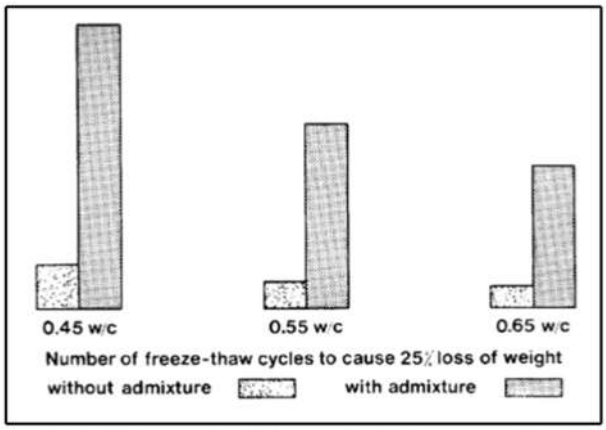
فرمول شیمیایی یک سورفکتانت هوازا ی معمولی، که از یک زنجیره هیدروکربن غیر قطبی با یک گروه قطبی آنیونی تشکیل شده،در شکل پایین نشان داده شده است. در قاب دوم این شکل نحوه عمل آن دیده می شود. هنگام افزودن سورفکتانت به سیستم سیمان و آب، حفره های هوا متصل شده و تثبیت می شوند. در تعامل هوا-آب گروه های قطبی به سمت فاز آب جهت کاهش تنش سطحی و شدت یافتن تشکیل حباب حرکت کرده و تمایل جذب حباب ها را خنثی کرده و پراکنده می کنند. در تعامل آب با ذرات جامد سیمان بارهای الکتریکی و نیروی دافعه وجود دارد، گروههای قطبی با گروههای غیر قطبی که به سمت آب متمرکز شده اند به ذرات جامد متصل شده و سطح سیمان را آبگریز می کنند تا حباب های هوا بتواند آب را کنار زده و به جامد بچسبد. مکانیسم ورود هوا وقتی یک سورفاکتانت آنیونی با زنجیره هیدروکربن غیر قطبی به بتن اضافه شود در قاب آخر شکل زیر قابل مشاهده است.



تاثیر حباب ساز ها یا هوازا بر بتن

- افزایش مقاومت در برابر سیکل انجماد و ذوب
- بهبود کارآیی و افزایش عدد اسلمپ در مخلوط بتن
- کاهش مقاومت به صورت اتفاقی و با تولید بیش از حد حباب که موجبات تخلخل بتن را فراهم آورد (تمایل به تفکیک ذرات در بتن)
- کاهش آب انداختگی و تغییر رنگ
- کاهش نفوذپذیری
- مقاومت در برابر حمله شیمیایی
- کاهش میزان ماسه در طرح اختلاط، حجم آب و حرارت مخرب ناشی از هیدراتاسیون در بتن ریزی های حجیم
- کاهش وزن و چگالی بتن
- کاهش واکنش دانه قلیایی و افزایش مدول ارتجاعی

در شکل زیر ارتباط هوا زای بتن با مسئله دوام بتن نشان داده شده است.



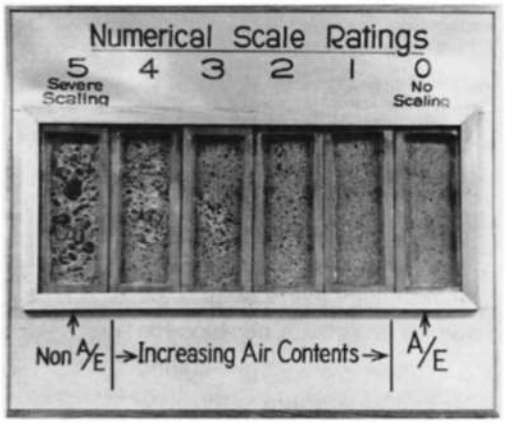


Figure 3-8. Air—entraining admixtures — durability.

اثر هوازا بر دوام بتن در محیط های سردسیری

عمده ترین کاربرد افزودنی های مربوط به هوا زایی در تولید سنگ فرش های بتنی برای جاده ها و فرودگاه هاست که در آن مقاومت در برابر رسوبات ناشی از یخ زدگی و ضد یخ لازم است. در سیکل ذوب انجماد، یخ پس از ذوب شدن در پیاله های ایجاد شده و منافذ تشکیل شده بر اثر حباب هوای حین ساخت بتن جمع شده و در یخ زدگی بعدی افزایش حجم آب یخ زده باعث ایجاد ترک در جسم بتن نمی گردد. همچنین مواد افزودنی هوازای بتن به قابلیت پمپاژ بتن کمک می کنند.

نکات مهم در استفاده از هوازا در بتن

افزایش مقدار شن و ماسه از 35٪ به 45٪ به طور معمول جم حباب هوا را تا 5٪ افزایش می دهد. افزایش مقدار سیمان 90 کیلوگرم بر متر مکعب به طور معمول میزان 1٪ حجم هوا را کاهش می دهد. افزایش نرمی سیمان نیز باعث کاهش حجم حباب های هوا می شود. مقدار مصرف برای مواد افزودنی هوازا معمولاً کمی کمتر از 0/6 میلی لیتر در هر 1 کیلوگرم سیمان است و بنابراین یافتن دوز دقیق آن برای هر مخلوط بتن ضروری است. مقادیر حباب هوا باید به طور مکرر با استفاده از روش Air-Content مشخص شده در استاندارد ها، اندازه گیری شود. افزایش دما باعث کاهش حجم حباب هوا می شود. افزایش درجه حرارت از 10 تا 32 درجه سانتی گراد ممکن است میزان هوای ورودی را نصف کند اما نوسانات دمایی روز به روز مشکل قابل توجهی ایجاد نمی کند. اثر مدت زمان مخلوط کردن بتن بر مقدار هوای وارد شده به نوع ، بارگیری و وضعیت میکسر مرتبط است.

به طور کلی ، حجم حباب های هوا با زمان اختلاط تا حدود دو دقیقه در میکسرهای ثابت و در میکسرهای حمل و نقل تا حدود 15 دقیقه افزایش می یابد. پس از آن ، احتمالاً برای مدت زمان قابل توجهی ثابت می ماند. مدت زمان اختلاط زیاد ممکن است حجم حباب های هوا در مخلوط بتن را کاهش دهد. در هنگام حمل و نقل مخلوط بتن تا 0.5٪ هوا را از دست می دهد، اگرچه این از دست دادن به شکل حباب های بزرگتر و کم اثر تر است.

افزودنیهای کنترل کننده ی گیرش بتن

از مواد افزودنی کنترل کننده ی گیرش در بتن هایی که به غیر از دمای مطلوب 5 تا 40 درجه سانتیگراد اجرا و بتن ریزی می شوند، استفاده می گردد. مواد افزودنی کنترل کننده گیرش بتن و میزان هیدراتاسیون سیمان، زمانsetting (سفت شدن) خمیرسیمان را تغییر می دهند. همچنین می توانند به طور اتفاقی بر سخت شدن یا افزایش مقاومت فشاری بتن پس از سخت شدن تأثیر بگذارند. افزودنیهای کنترل کننده ی گیرش بتن مجموعه ای شامل ترکیبات زود گیر کننده و کسب مقاومت سریع در بتن و کند گیر کننده های بتن هستند.

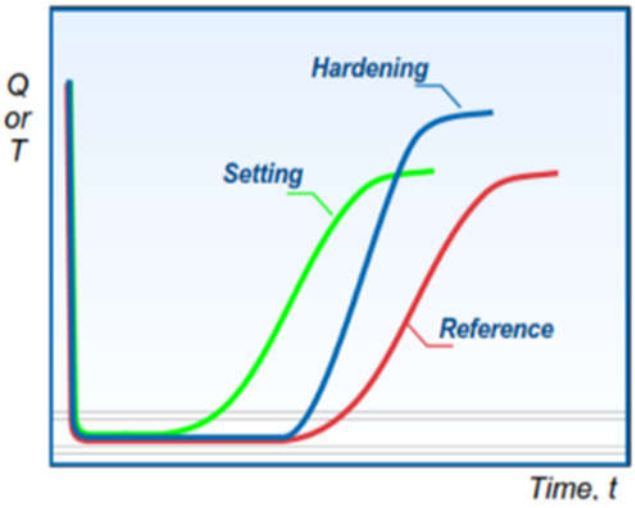
افزودنی زود گیرکننده بتن

ترکیبات تسریع کننده گیرش اولیه در بتن، مواد شیمیایی معدنی محلول در آب هستند که باعث افزایش سرعت واکنش بین سیمان و آب شده و در نتیجه ی این سرعت بخشیدن، کسب مقومت بتن را تسریع می کنند. شتاب دهنده های گیرش در بتن دارای خاصیت کاهش دهنده آب نیز هستند. ترکیبات شتاب دهنده را می توان با توجه به عملکرد و کاربرد آنها به گروههای مختلفی تقسیم کرد:

الف) ترکیبات شتاب دهنده گیرش بتن با قابلیت کنترل زمان گیرش، یعنی زمان گیرش مخلوط بتن از پلاستیک به حالت سخت شده را کاهش می دهند. آنها نیز می توانند به دو گروه تقسیم شوند:

- زودگیر کننده بتن شاتکریت ، که باعث گیرش بسیار سریع مخلوط بتن (کمتر از 10 دقیقه) می شوند.
- زودگیر کننده های بتن ، که مطابق با استاندارد EN 934-2 باعث کاهش زمان تغییر فاز مخلوط بتن از حالت پلاستیک می شوند. حداقل 30 دقیقه در دمای 20 درجه سانتیگراد و یا در 40 دقیقه و دمای 5 درجه سانتیگراد به حالت سخت شده برسد.

ب) زودگیر کننده های سخت کننده و کسب مقاومت سریع که باعث افزایش استحکام در 24 ساعت حداقل 120٪ در 20 درجه سانتیگراد و در 5 درجه سانتیگراد حداقل 130٪ در 48 ساعت می شوند. زودگیر کننده های بتن با قابلیت کسب مقاومت سریع را در جایی استفاده می کنند که نیاز به برداشتن زود هنگام قالب یا دسترسی سریع به سطح بتن است. آنها غالباً در ترکیب با افزودنی های کاهنده آب بتن با دامنه بالا به ویژه در شرایط سرد استفاده می شوند. اثرات رشد گیرش اولیه در حین هیدراتاسیون سیمان با استفاده از زود گیر ها در شکل زیر آمده است.



شیوه عملکرد زودگیر کننده بتن

اکثر شتاب دهنده ها و زودگیرها بر اساس یکی از مواد شیمیایی زیر ساخته شده اند:

* کلرید کلسیم: استفاده از کلرید کلسیم به دلیل تأثیر بالقوه اما اثبات شده آن بر خوردگی شبکه میلگرد و تاثیر بر دوام بتن در اثر حملات کلرایدی در بسیاری از کشورها و استاندارد ها محدود یا ممنوع شده است.(نکته قابل توجه اینکه حتی در استاندارد C ASTM 494 وجود کلر در مخلوط بتن تا 0/6 درصد وزن بتن را مجاز می شمرد).

* فرمت کلسیم: فرمت کلسیم برای بدست آوردن خواص بیشتر گاهی با نیتریت سدیم یا مواد دیگر مخلوط می شود.

دوز مصرفی زود گیر کننده های بتن به طور معمول 0.5-2.0 درصد وزن سیمان است. به نظر می رسد مکانیسم و نحوه عملکرد زود گیر کننده های بتن بر پایه افزایش سرعت در تشکیل کانی های بلوری اترینگات حاصل از واکنش سیمان هیدراته باشد.(Ettringite این کانی فراوان‌ترین عضو گروه اترینگایت در طبیعت است و در سفید کردن کاغذ کاربرد دارد و به دلیل اینکه در اواخر قرن نونزدهم در حوالی شهری به نام اترینگن آلمان کشف گردید به این نام شناخته می شود. نام علمی این کانی هگزاکلسیم آلومینات تری‌سولفات هیدرات است) . زود گیر کننده های معدنی ، میزان انحلال سیلیکات تری کلسیم را افزایش داده و منجر به افزایش مولوکول های هیدرات سیلیکات کلسیم CSH در سنین پایین بتن می شود. زودگیر کننده های بتن با قابلیت کسب مقاومت سریع وقتی به همراه یک ابر روان کننده ی کاهنده آب در بتن مصرف می شوند، فاصله بین درات سیمان را کاهش داده به طوری که برای مقدار معینی از محصول هیدراتاسیون CSH ، بین ذرات سیمان تشکیل شده و قرار بگیرند و به این ترتیب کسب استحکام در بتن را تسریع می کنند.

مزایای استفاده از زودگیر کننده بتن

- اتمام زود هنگام بتن ریزی و عمل آوری بتن در سطوح پر ترافیک
- کاهش فشار هیدرولیک و هیدرواستاتیک بر روی قالب ها در بتن ریزی های حجیم
- کاهش نشت شیرابه ی بتن از درز قالب و کاهش احتمال تخلخل و پوکی بتن
- کاهش آب انداختگی در بتن و جداشدگی مصالح و افزایش تراکم بتن
- کوتاه شدن دوره تعمیرات سازه بتنی و تسریع در روند بهره برداری و بازگشت به سرویس
- جبران جزئی یا کلی اثرات درجه حرارت پایین در افزایش مقاومت فشاری بتن
- محافظت در برابر یخ زدگی در بتن ریزی در هوای سرد
- امکان آزاد سازی سریعتر قالب در بتن پیش ساخته و در نتیجه تولید بیشتر محصولات

- حذف کیورینگ های طولانی مدت بوسیله آب خصوصا در جاهایی که تهیه و حمل آب هزینه بر است و کاهش اثرات جمع شدگی بتن

نکات قابل توجه در هنگام استفاده از زود گیر کننده های بتن

استفاده ی بیش از حد از این افزودنی شیمیایی ممکن است در فرآیند حرارت زای هیدراتاسیون اختلالاتی ایجاد کرده و با افزایش گرما امکان ترک خوردن و جمع شدگی بتن پیش آید. به طور خاص افزودنی زودگیر حاوی کلرید کلسیم باید در هوای گرم با احتیاط مورد استفاده قرار گیرد. همچنین همانطور که پیشتر ذکر شد،کلرید کلسیم یا مواد افزودنی بتن حاوی کلر در بتن مسلح امکان خوردگی شبکه میلگرد را فراهم می کند.

کلرید کلسیم به عنوان محلول یا به صورت بلور وجود دارد و در مورد حالت متبلور لازم است قبل از افزودن به مخلوط بتن کاملاً در آب حل شود. فرمت کلسیم نیز ممکن است به شکل پودر تهیه شود و در چنین مواردی باید قبل از مخلوط شدن به مصالح خشک اضافه شود. استفاده از مواد افزودنی مایع معمولاً آسان تر هستند.

مواد افزودنی دیر گیر کننده بتن یا Concrete Retarder

وقتی نیاز به تاخیر در گیرش اولیه بتن وجود دارد از دیرگیر کننده بتن استفاده می شود. این افزودنی روند هیدراتاسیون را به تأخیر می اندازد اما بر روند نهایی کسب مقاومت تأثیر نمی گذارد. زمان سخت شدن اولیه می تواند بیش از 3 ساعت به تأخیر بیفتد. کاربرد اصلی این افزودنی در کنترل زمان هیدراتاسیون و جلوگیری از ایجاد ترک سرد و درز انقطاع در هنگام بتن ریزی است. مقدار مصرف به طور معمول تا 6 درصد وزن سیمان مصرفی است اما اگر به همراه یک روان کننده بتن یا ابر روان کننده با خواص پراکندگی استفاده شود همان میزان مصرف افزودنی روانساز در بتن کافی است. شکل زیر تاثیر کندگیر کننده های بتن در حین هیدراتاسیون را نشان می دهد.

ترکیبات و نحوه عملکرد دیرگیر کننده بتن

ترکیبات دیرگیر کننده بتن عمدتا در بین ترکیبات آلی یافت می شوند ، اما مواد شیمیایی معدنی ممکن است به عنوان بازدارنده نیز عمل کنند. مواد شیمیایی آلی، لیگنوسولفونات، اسید هیدروکسی کربوکسیلیک و نمکهای آنها، فسفونات، قند (ساکارید) و شکر معمولی، مواد شیمیایی معدنی، فسفات، بوراتس، بورات وSb Lignosulphonates که معمولاً به عنوان کاهنده آب هم مورد استفاده قرار می گیرند، دارای اثرات مهار ثانویه هستند. در حالی که اسیدهای هیدروکسی کربوکسیلیک و نمکهای آنها و کندگیر کننده های متداول دارای تأثیرات ثانویه کاهش آب هستند. در بین مواد ذکر شده ، تنها «فسفات ها» بصورت تجاری مورد استفاده قرار می گیرند. سایر ترکیبات معدنی به ندرت استفاده می شوند زیرا نسبتاً گران هستند و در برخی از آنها اثرات سم شناسی گزارش شده است. احتمالاً، اثر کند گیری بتن درنمکهای فلزات سنگین نیز به شدت قلیایی بودن سیمان بستگی دارد، یعنی توانایی این کاتیونهای فلزی برای رسوب دادن به میزان تولید هیدروکسید ها بستگی دارد. در مکانیسم دیر گیر کننده های بتن، مواد افزودنی پس از پراکندگی در آب، بر روی سطح ذرات سیمان جذب شده تا خواص تغییر یافته ی فیلم سیمان سرعت نفوذ آب را کند کند و ماده شیمیایی موجود در محلول باعث افزایش رشد محصولات هیدراتاسیون شود.روش های عملکرد مختلف کندگیر کننده های بتن در تماس با ذرات سیمان در جدول زیر آمده است.

جدول 4

تاثیر دمای هوا و نوع افزودنی کند گیر کننده در میزان تاخیر سخت شدن اولیه بتن

جدول 5

مزایای استفاده از دیر گیر کننده بتن

- جبران تأثیر تسریع در هیدراتاسیون در دمای بالای محیط (بتن ریزی در هوای گرم)
- حفظ کارایی و روانی بتن در پروسه ی حمل و انتقال بتن.

- تسهیل در بتن ریزی های طولانی مدت چه به لحاظ پیچیدگی اجرا و چه از نظر حجم بتن ریزی و کاهش درزها و ترک های ناشی از قطع بتن خصوصا در سازه های آبی که آببندی و نفوذ ناپذیری بتن در آنها اهمیت دارد.
- کاهش ترک ناشی از حرارت بالای هیدراتاسیون سیمان در بتن.

نکات قابل توجه در زمان استفاده از دیرگیر کننده بتن

مصرف بیش از حد کندگیر های بتن باعث افت مقاومت در بتن می شود. البته با نگهداری و تثبیت وضعیت قالب ها و طولانی کردن مدت زمان کیورینگ می توان امید داشت، مقاومت بتن در مدت زمان بیشتری به وضعیت مورد انتظار نزدیک شود که مستلزم تاخیر در پیشرفت پروژه خواهد بود.

افزودنی ها و ترکیبات شیمیایی برای بتن های خاص

در جدول زیر انواع افزودنی ها و نوع عملکرد و ترکیبات آن برای مصارف خاص و توانمندی های مضاعف بتن آمده است

جدول6

انبارش و ذخیره مواد افزودنی شیمیایی بتن

مواد افزودنی مایع را می توان در بشکه ها یا تانکرها ذخیره کرد. مواد افزودنی پودری را می توان در سطل های مخصوص ذخیره سازی قرار داد و یا در کیسه های پلاستیکی آب بند توزین شده بسته بندی نمود. برخی از مواد افزودنی که در اتو میکسر ها یا تراک میکسر ها به مخلوط بتن افزوده می شوند در کیسه ها یا ظروفی بسته بندی می شوند که قابلیت انحلال در میکسر را دارند. به این نحو محاسبه ی دوز دقیق مصرف امکان پذیر است. کارخانه جات تولید کننده مواد افزودنی بتن استاندارد موظف هستند نوع محصول، وزن خالص، میزان دقیق مصرف، خلاصه ای از نحوه استفاده و تاریخ تولید و انقضاءو هشدارهای ایمنی از جمله وضعیت اشتعال یا آلودگی های زیست محیطی را در برچسب و اتیکت محصول درج نمایند. همچنین اکثر این محصولات نسبت به تابش مستقیم خورشید، یخ زدگی و رطوبت حساس بوده و لذا باید در محیط مناسب انبار شوند.شکل زیر خروجی یک بچ تولید پیش از فیلینگ و بسته بندی مواد افزودنی شیمیایی بتن را در کارخانه تولید کننده ی این مواد نشان می دهد.

افزودنی های خاص بتن

افزودنی های متفرقه

در کنار افزودنی های شناخته شده و پر کاربرد مانند کاهنده های آب، هوازاها، کندگیر کننده ها، شتاب دهنده ها، حجم زاها، و پایاگرها که در بخش های پیشین به آنها پرداخته شد گستره دیگری از افزودنی های شیمیایی با عملکرد ویزه یا دامنه کاربرد محدود نیز وجود دارند که در دسته بندی **افزودنی های بتن** که کاربرد زیادی دارند، جای نمی گیرند.

از سوی دیگر، گسترش روزافزون دانش شیمی ساختمان و نوآوری های فنی و صنعتی در تولید افزودنی های شیمیایی در کنار رویکرد به مسایل زیست محیطی و توسعه پایدار سبب پیدایش و عرضه افزودنی های جدید با ویژگی ها و کارکردهای نوین شده است.در این بخش کوشش شده است تا با شناساندن افزودنی های متفرقه که گاهی افزودنی های (با کارکرد) ویژه نیز نامیده می وشند، زمینه آشنایی دست اندر کاران صنعت بتن با این افزودنی ها و کاربرد آنها فراهم آید.

کاهنده های انبساط واکنش قلیایی – سیلیسی

متداول ترین واکنش بین قلیایی های سیمان و سنگدانه ها، واکنش بین اجزای واکنش زای سیلیسی سنگدانه ها و قلیایی های موجود در سیمان است که به نام واکنش قلیایی – سیلیسی شناخته می شود. این واکنش با حمله هیدروکسیدهای قلیایی، که از قلیایی های موجود در سیمان ($K2O$, $Na2O$) یا هر منبع دیگری مشتق می شوند، به کانی های سیلیسی واکنش زای موجود در سنگدانه ها شروع می شود. در نتیجه یک ژل قلیایی سیلیکاتی در صفحات ضعیف یا در منافذ سنگدانه ها (جایی که سیلیس فعال وجود دارد) یا بر سطح ذرات سنگدانه ها ایجاد می شود. در مورد اخیر، هاله ای از ژل در پیرامون دانه سنگی پدید می آید که در اثر مرطوب شدن می تواند پیوستگی بین سنگدانه و خمیر در برگیرنده آن را از بین ببرد.ژل حاصل از نوع "ورم کننده نامحدود" است که آب را به خود راه و در نتیجه افزایش حجم می دهد. از آنجا که این ژل به وسیله خمیر سیمان هیدراته اطراف

خود احاطه شده است، انبساط ژل سبب ایجاد فشارهای داخلی در خمیر سیمان پیرامونی سنگدانه می شود که در نهایت به ترک خوردن و از هم پاشیدن خمیر سیمان منتهی می شود خلاصه این واکنش به شرح زیر است. واکنش قلیایی – سیلیسی بسیار کند است و روند انجام آن به مقدار کل قلیای موجود در بتن، میزان واکنش پذیری سنگدانه ها، و در دسترس بودن رطوبت بستگی دارد.به دلیل اینکه واکنش قلیایی – سیلیسی درمان قطعی ندارد بهترین شیوه برای پرهیز از آن پیشگیری است. پرهیز از به کار بردن سنگدانه واکنش زا، استفاده از سیمان کم قلیا، جلوگیری از نفوذ رطوبت، و به کار بردن پوزولان ها از جمله راهکارهای پیشگیرانه هستند که اگر با دقت در عملیات ساختن و اجرای بتن همراه شوند می توانند کارآمد باشند.

چنانچه استفاده از سنگدانه واکنش زا یا مشکوک به واکنش زایی ناگزیر باشد، استفاده از افزودنی های کاهنده انبساط واکنش قلیایی – سیلیسی می تواند راهکاری پیشگیرانه به شمار آید. نمک های لیتیم (مانند نیترات لیتیم، کربنات لیتیم، هیدروکسید لیتیم) و نمک های باریم از جمله افزودنی های شیمیایی هستند که برای کنترل واکنش قلیایی – سیلیسی به کار برده شده اند. بررسی های آزمایشگاهی نشان داده است که با افزودن 1٪ نمک لیتیم و 2 تا 7 درصد از برخی نمک های باریم (نسبت به وزن سیمان) به مخلوط دارای سنگدانه واکنش زا، مقدار انبساط واکنش قلیایی – سیلیسی به نحوه چشم گیری کاهش یافت و وقتی که نسبت مولی لیتیم به سدیم به 0/67 افزایش یافت، انبساط واکنش قلیایی – سیلیسی مهار شد.

به نظر می رسد که با استفاده از نمک های لیتیک، در مایع منفذی بتن علاوه بر یون های سدیم، پتاسیم، و هیدروکسیل مقداری نیز یون لیتیم پدید می آید که در واکنش شیمیایی با یون های پتاسیم و سدیم رقابت می کند. چنانچه یون های لیتیم به مقدار کافی (نسبت به یون های سدیم و پتاسیم) در محیط واکنش وجود داشته باشند، با سیلیس واکنش می دهند و لیتیم سیلیکات پدید می آورند که در مقایسه با ژل قلیایی سیلیکاتی تمایل کمتری به جذب آب دارد و کمتر متورم می شود. افزودنی های پایه لیتیمی ممکن است زمان گیرش بتن را کاهش دهند و بنا به نیاز همراه با یک کندگیر کننده به کار روند.

اصلاح کننده های گرانروی (ویسکوزیته)

افزودنی های اصلاح کننده گرانروی (ویسکوزیته) افزودنی هایی هستند که برای اصلاح خواص رئولوژیک خمیر سیمان و بتن به کار می روند. گرانروی مقاومت یک سیال در برابر تغییر شکل و بیانگر اصطکاک درونی بین ذرات سیال است. رئولوزی، دانش و علم بررسی تغییر شکل و جریان یافتن مواد است و بیانگر رابطه بین تنش، کرنش، و آهنگ تغییرات کرنش نسبت به زمان است. رابطه بین تنش برشی (T) و آهنگ کرنش برشی (Y) به نام "منحنی جریان" شناخته می شود.

منحنی جریان خطی بینگهام برای توصیف رفتار رئولوژیک بتن تازه

تنش یا نقطه جاری شدن متناظر با حداقل تنش برشی مورد نیاز برای شروع جریان یا جاری شدن بتن است. در مقادیر تنش برشی کمتر از تنش جاری شدن، مخلوط تغییر شکل نمی دهد و جریان نمی یابد. تنش یا نقطه جاری شدن به کارآیی (کارپذیری) بتن بستگی دارد. ثابت تناسب (ضریب زاویه) بین تنش برشی و آهنگ کرنش برشی که به نام گرانروی خمیری شناخته می شود بیانگر مقاومت جریانی و حرکتی بتن در یک سرعت مشخص و در اثر اعمال تنش بیرونی است. سرعت جاری شدن بتن به گرانروی خمیری آن بستگی دارد.

تاثیر گرانروی خمیری بر چگونگی جریان یافتن بتن

نکته کلیدی برای دستیابی به بتنی با رئولوژی مناسب، ایجاد توازن بین تنش (نقطه) جاری شدن و گرانروی خمیری است. افزودنی های اصلاح کننده گرانروی با افزایش گرانروی خمیری، خواص رئولوژیک بتن تازه را تغییر می دهند. این افزودنی ها تنش جاری شدن را اندکی افزایش م یدهند. برای کاهش تنش جاری شدن بتن تازه از افزودنی های کاهنده آب استفاده می شود. افزودنی های اصلاح کننده گرانروی از دیدگاه سازوکار و چگونگی کارکرد به دو نوع 1) غلظت دهنده ها و 2) چسباننده ها تقسیم می شوند.

نوع غلظت دهنده با مهار مولکولی سبب افزایش گرانروی خمیر سیمان و بتن تازه می شود. غلظت دهنده ها از پلیمرهای با وزن مولکولی زیاد که میل ترکیبی شدیدی با آب دارند تشکیل می شوند. غلظت دهنده ها شبکه ای پلیمری با شاخه های آزاد در آب پدید می آورند که سر آزاد این شاخه های پلیمری با ربایش مولکولی به مولکول های آب، سیمان و ریزدانه ها می چسبد و ذرات را

به یکدیگر می دوزد. به بیان دیگر، افزودنی اصلاح کننده گرانروی با اندرکنش گروه های عاملی مولکول ها غلظت دهنده با آب و با سطح ریزدانه ها در خمیر ساختاری سه بعدی در فاز مایع مخلوط پدید می آورد که مولکول های آب و ریزدانه ها را به یکدیگر پیوند می دهد و سبب افزایش گرانروی و تا حدودی افزایش تنش جاری شدن خمیر و بتن تازه می شود. افزایش گرانروی خمیر به افزایش چسبندگی درونی (قوام) ملات و بتن تازه می انجامد. غلظت دهنده ها شامل سلولز اِترهای محلول در آب، پلیمرهای آکریلیک، نشاسته های پیش ژلاتینه، پلیمرهای کربوکسی وینیل، و پلی وینیل الکل می شوند.نوع چسباننده افزودنی های اصلاح کننده گرانروی با ترکیبات آهکی محلول موجود در بتن یا با مولکئل های آب اندرکنش شیمیایی نشان می دهند و ژلی سه بعدی پدید می آورند که رفتار تیکسوتروپی خمیر را بهبود می بخشد و گرانروی خمیر سیمان و بتن را افزایش می دهد. تیکسوتروپی کاهش گرانروی یک خمیر تحت اثر تنش برشی ثابت است که با حذف تنش برشی به تدریج ساختار اولیه خود را باز می یابد.

افزودنی های اصلاح کننده گرانروی نوع چسباننده از مواد معدنی ژل ساز تشکیل می شوند. از جمله این مواد معدنی می توان به سیلیس کلوییدی، ریزدانه های معدنی با سطح ویژه بسیار زیاد مانند بنتونیت و پنبه کوهی آسیاب شده، و به پرکننده های معدنی مانند آهک هیدراته، خاک دیاتومه، کائولین، و خاکستر بادی اشاره کرد.

ساختار سه بعدی یا ساختار ژلی که افزودنی های اصلاح کننده گرانروی پدید می آورند علاوه بر کنترل خواص رئولوژیک و بهبود چسبندگی درونی (قوام) مخلوط، به معلق ماندن دانه های سنگی کمک می کند و پراکندگی سنگدانه ها را در بتن یکنواخت می کند. پراکندگی یکنواخت و همگن سنگدانه ها در مخلوط بتن به کاهش جداشدگی وآب انداختن و به کاهش ته نشینی در بتن تازه می انجامد.

افزودنی های اصلاح کننده گرانروی گروهی از افزودنی ها هستند که برای کاربردهای ویژه طراحی شده اند. سه کاربرد اصلی این افزودنی ها عبارتند از:

- قوام بخشی و تنظیم ویژگی های رئولوژیک و حفظ همگنی و پایداری بتن خودتراکم
- کاهش آب شستگی بتن
- آسان سازی پمپ کردن بتن
- از این افزودنی ها در بتن پاشی، ملات تعمیری، بتن سبکدانه، قطعات پیش ساخته با بتن نیمه خشک، و اندودهای کف و پلاسترها نیز استفاده می شود.

1- قوام بخشی بتن خودتراکم

بتن خودتراکم (SCC) بتنی همگن و دارای قوام با روانی زیاد است که به آسانی جریان می یابد و بدون نیاز به هیچ عامل یا روش متراکم کننده اضافی تنها در اثر وزن خود متراکم می شود. این بتن به آسانی می تواند گوشه و کنار قالب را (حتی در آرماتوربندی های فشرده) پر کند و به دلیل درون چسبی و قوام مناسبی که دارد هیچگونه جداشدگی در آن رخ نمی دهد.

بتن خودتراکم دارای دو ویژگی اصلی 1) روانی زیاد و 2) درون چسبی (قوام) مناسب است. روانی زیاد و قابلیت جریان یافتن با کاهش تنش (نقطه) جاری شدن بیان می شود که با استفاده از فراروان کننده ها

(به بند 2-6-7 بخش دوم مراجعه شود) به دست می آید. افزایش روانی بتن به خودی خود می تواند تمایل به جدشدگی را (به ویژه در مخلوط های با دانه بندی نامناسب و با ریزدانه کم) افزایش دهد. بنابراین برای همگن ماندن مخلوط لازم است که بتن با اینکه بسیار روان است از درون چسبی و قوام مناسب و کافی برخوردار باشد. بهبود درون چسبی و قوام بتن با افزایش گرانروی خمیری آن و با استفاده از افزودنی های اصلاح کننده گرانروی یا قوام بخش ها به دست می آید.

بیشترین نوسانی که یک بتن خودتراکم با طرح اختلاط مناسب ممکن است با آن مواجه شود نوسان هنجار (معمول) مقدار رطوبت سنگدانه ها در زمان ساخت بتن است. برای نمونه، تغییر 1/5 درصدی در رطوبت سنگدانه ها می تواند به تغییری 10 تا 15 لیتری در آب آزاد هر مترمکعب بتن بیانجامد. این مقدار نوسان در آب آزاد م یتواند تغییرات چشم گیری در روانی و قوام بتن تولید شده به دنبال داشته باشد. افزودنی های اصلاح کننده گرانروی یا قوام بخش ها تاثیر پذیری بتن را در برابر نوسان و تغییرات مقدار آب

مخلوط کاهش می دهند واز حساس بودن بتن خودتراکم به تغییرات رطوبتی سنگدانه ها می کاهند.
مزایایی که افزودنی اصلاح کننده گرانروی برای بتن خودتراکم دارند در زیر آورده شده است:

- بهبود قوام بتن و کاهش خطر جداشدگی
- بهبود پایداری مخلوط و کاهش ته نشینی سنگدانه های درشت
- کاهش آب انداختن
- نیاز کمتر به پرکننده
- حساسیت کمتر مخلوط به نوسان های رطوبتی سنگدانه ها در زمان ساخت بتن
- بهبود سرعت و آهنگ بتن ریزی
- امکان استفاده از مخلوط های پایدار با روانی بیشتر
- بهبود سطح نمای بتن

نکته– نبیاید انتظار داشت که افزودنی های اصلاح کننده گرانروی جانشین و جبران کننده کاستی هایی مانند طرح اختلاط نامناسب و ضعف عملیات اجرایی در بتن خودتراکم به شمار آید. استفاده بیش از اندازه افزودنی اصلاح کننده گرانروی می تواند به چسبناک شدن بتن و کاهش سرعت بتن ریزی بیانجامد. در چنین مواردی می توان با افزایش مقدار **فوق روان کننده بتن** مصرفی بر این مشکل چیره شد. بیشتر این افزودنی ها در مقادیر مصرف متعارف تاثیر اندکی بر ویژگی های بتن سخت شده دارند ولی در مقادیر مصرف زیاد ممکن است گیرش را به تاخیر اندازند یا در بتن هوازایی شده برمقدار و پایداری حباب های هوا تاثیر بگذارند. مناسب ترین روش برای تعیین مقدار مصرف افزودنی اصلاح کننده گرانروی، بهره گیری از مخلوط های آزمایشی است.

2- کاهش آب شستگی

برای بتن ریزی در زیر آب یا بتن ریزی و تزریق دوغاب سیمان در جاهایی که آب جاری وجود دارد (مانند پشت قالب برخی از تونل ها) همیشه خطر شسته شدن سیمان و ریزدانه بتن تازه ریخته شده وجود دارد. وجود آب در تماس با بتن تازه خطر افزایش نسبت آب به سیمان و افت ویزگی های بتن سخت شده را نیز در پی دارد.برای جلوگیری از آب شستگی بتن یا دوغاب تازه در حین و پس از بتن ریزی لازم است که مخلوط بتن از درون چسبی و قوام بسیار خوبی برخوردار باشد. چنانکه گفته شد کارکرد اصلی افزودنی های اصلاح کننده گرانروی یا قوام بخش ها افزایش قوام بتن تازه و کمک به پایداری مخلوط است و از این رو برای بتن ریزی در زیر آب یا بتن ریزی در جاهایی که جریان آب وجود دارد بسیار مناسب هستند. به همین دلیل گاهی این افزودنی ها به نام افزودنی ضد آب شستگی یا افزودنی برای بتن ریزی زیر آ نیز شناخته می شوند.در مواردی که جریان آب شدید و احتمال شسته شدن بتن تازه زیاد باشد از نوعی افزودنی ضد آب شستگی استفاده می شود که از لخته کننده های الی تشکیل شده اند. این لخته کننده ها به سطح دانه های سیمان می چسبند و با تشدید نیروی ربایش بین ذرات سبب افزایش گرانروی مخلوط می شوند. لخته کننده ها از کوپلیمرهای استایرن دارای گروه های کربوکسیل یا از پلی الکترولیت های مصنوعی یا از صمغ های طبیعی تشکیل می شوند. چون ریختن بتن و متراکم کردن آن در زیر آب کاری دشوار است باید بتن علاوه بر دارا بودن قوام و پایداری مناسب از کارآیی بسیار بالایی نیز برخوردار باشد. بنابراین برای بتن ریزی در زیر آب به همراه افزودنی های ضد آب شستگی از یک کاهنده آب نیز استفاده می شود. استفاده از افزودنی های اصلاح کننده گرانروی یا قوام بخش ها برای بتن ریزی در زیر آب علاوه بر اینکه خطر آب شستگی سیمان و ریزدانه های بتن را کاهش می دهد، به کاهش آلودگی آب و حفظ محیط زیست کمک می کند و دید بهتری نیز برای غواصان و افزاد بتن ریز در زیر آب فراهم می کند.

3- آسان سازی پمپ کردن بتن

بتن با قابلیت پمپ شدن باید دارای دو ویزگی اساسی باشد. اول آنکه به اندازه کافی خمیر داشته باشد که پیرامون سنگدانه ها را بپوشاند و لایه ای لغزنده بین بتن و جداره لوله پمپ پدید آورد تا اصطکاک بین بتن و لوله به حداقل برسد، راهکار شناخته شده ای که برای تامین خمیر کافی به کار گرفته می شود افزایش زیردانه ها در بتن است. دوم آنکه این خمیر از غلظت مناسب

برخوردار باشد تا از یک سو عملکرد لایه لغزنده درست باشد و از سوی دیگر چسبندگی درونی و قوام بتن به اندازه کافی باشد تا خمیر و دوغاب در اثر فشار پمپ از بتن جدا نشود و پدیده فرار دوغاب رخ ندهد. در صورت جدا شدن و فرار دوغاب از بتن، دانه های درشت در یکدیگر چفت می شوند و بتن در لوله گیر خواهد کرد. هر قدر که مخلوط مستعد آب انداختن باشد، احتمال فرار دوغاب آن در اثر فشار پمپ نیز بیشتر می شود. این جداشدگی و فرار دوغاب بیشتر در زانویی ها و محل های تغییر مقطع لوله رخ می دهد. کم بودن قوام بتن به ویژه در زمانی که پمپ به طور موقت کار نمی کند (مانند توقف تخلیه بتن در فاصله زمانی بین دو تراک میکسر) و بتن در مسیر لوله بی حرکت مانده است احتمال ته نشینی دانه های درشت را در مسیر لوله افزایش می دهد و این جداشدگی برای ادامه و شروع دوباره عملیات پمپ کردن مشکل آفرین است. از سوی دیگر، قوام بیش از اندازه مخلوط بتن نیز می تواند به غلظت بیش از اندازه خمیر بیانجامد و چسبناکی بتن را افزایش دهد و منجر به افزایش اصطکاک بتن چسبناک و جداره لوله پمپ شود. افزودنی های اصلاح کننده گرانروی با افزایش غلظت و چسبندگی درونی خمیر از یک سو به بهبود یکپارچه و همگنی مخلوط کمک می کنند و قوام آن را افزایش می دهند و از سوی دیگر با کاهش ظرفیت آب انداختن مخلوط به کاهش احتمال فرار دوغاب در اثر فشار پمپ کمک می کنند. این افزودنی ها همچنین با بهبود یکنواختی و همگنی بتن تازه احتمال ته نشینی دانه های درشت را در مسیر لوله و در زمان توقف عملیات پمپ کاهش می دهند. این افزودنی ها در مقادیر مصرف مناسب می توانند به کاهش اصطکاک بین لئله و بتن نیز کمک کنند. افزودنی های اصلاح کننده گرانروی که برای بهبود ویزگی های بتن پمپ شونده به کار می روند به نام افزودنی های کمک کننده پمپ کردن نیز شناخته می شوند.

لاتکس ها

لاتکس یا شیرآبه، ذرات معلق پلیمر در آب است. پس از آنکه لاتکس به اندازه کافی آب خود را از دست بدهد ذرات پلیمر به یکدیگر نزدیک و در اثر رباپش مولکولی به یکدیگر می چسبند و لایه ای پیوسته و کشسان پدید می آورند. ذرات پلیمر که در اثر از دست دادن آب سیستم به یکدیگر نزدیک شده اند علاوه بر یکدیگر به مولکول سایر ذرات و سطوح نیز می چسبند و چسبندگی خوبی به سطوح و دیگر مواد دارند.

در صورت مصرف لاتکس در بتن ویزگی های بتن به شرح زیر بهبود می یابد:

- تراوایی (گذرپذیری) بتن را کاهش و پایایی آن را بهبود می دهند
- پیوند و چسبندگی به بتن پایه و به میلگرد ها را بهبود می بخشند
- مقاومت خمشی بتن را افزایش می دهند

انعطاف پذیری و طاقت (چقرمگی) بتن وایستادگی سایشی (در برابر سایش) آن را افزایش می دهند مقدار مصرف لاتکس ها در بتن بین 5 تا 20 درصد وزن مواد سیمانی است و لازم است که آب مخلوط در زمان ساخت بتن اصلاح شود. ماده امولسیون کننده ای که در زمان تولید لاتکس استفاده می شود می تواند سبب هوازایی در بتن شود. برخی از لاتکس ها مانند استایرن بوتادین رابر کارآیی (کارپذیری) و روانی مخلوط بتن را بهبود می بخشند در حالیکه برخی دیگر مانند بعضی از آکریلیک ها ممکن است سبب کاهش روانی مخلوط شوند. لاتکس ها در بتن و ملات دارای سه کاربرد اصلی 1) پیوندزایی بین بتن تازه و سخت شده در کارهای تعمیر و مقاوم سازی، 2) کفسازی، و 3) پوشش های سیمانی لاتکس دار تقسیم می شود.

1- پیوندزایی

لاتکس ها امولسیون پلیمرهای آلی در آب هستند و برای افزایش چسبندگی و مقاومت پیوستگی بین بتن جدید و موجود در مخلوط های سیمانی به کار می روند به همین دلیل گاهی به نام افزودنی های پیوندزا نیز شناخته می شوند. لاتکس ها برپایه نوع پلیمر امولسیون شده به انواع لاتکس پلی وینیل کلراید (PVC)، پلی وینیل استات (PVA)، آکریلیک ها، کوپلیمرهای استایرن بوتادین، و لاتکس لاستیک طبیعی تقسیم می شوند. یکی از کاربردهای اصلی لاتکس، پیوندزایی و ایجاد لایه پیوندزا بین بتن موجود و بتن جدید در کارهای تعمیری و مقاوم سازی است. لاتکس ها به دو نوع بازپخش شونده و بازپخش ناشونده تقسیم می شوند. لاتکس های بازپخش شونده پیش از اعمال بتن یا ملات جدید به طور مستقیم بر روی سطح زیرین اعمال می شوند. لاتکس

های بازپخش شونده در تماس با آب و رطوبت به تدریج با جذب کردن آب چسبندگی اولیه خود را به دست می آورند و برای کارهای داخل ساختمان که در تماس همیشگی با آب یا رطوبت زیاد نباشند مناسب هستند.

نکته- یادآوری می شود که از لاتکس های بازپخش شونده می توان به عنوان ماده پیوندزا یا چسب بتن استفاده کرد ولی این لاتکس ها جزو افزودنی های پیوندزا به شمار نمی آیند. لاتکس های بازپخش ناشونده پس از آنکه در اثر از دست دادن آب خود تشکیل لایه (فیلم) دهند در برابر آب و رطوبت مقاومت خوبی دارند و برای کاربردهای بیرون ساختمان و جاهایی که در تماس با آب و رطوبت باشند مناسب هستند. این نوع لاتکس ها جزو افزودنی های پیوندزا به شمار می روند و همراه و در ترکیب با سیمان یا مواد سیمانی به کار می روند. به کاربردن این نوع لاتکس ها به تنهایی به عنوان ماده پیوندزا (چسب بتن) برای چسباندن بتن جدید به بتن موجود توصیه نمی شود و بهتر است آنها را به صورت دوغاب سیمانی لاتکس دار برای لایه پیوندزا به کار برد.

2- کفسازی

افزودنی های پیوندزا که لاتکس های بازپخش ناشونده هستند به تدریج آب خود را در بتن یا ملات (در اثر مصرف آب درونی برای واکنش های آبگیری سیمان یا مواد سیمانی) از دست می دهند. با از دست رفتن آب لاتکس به تدریج ذرات پلیمر به یکدیگر نزدیک می شوند و در اثر نیروهای بین مولکولی به یکدیگر و به سایر ذرات می چسبند و ساختاری سه بعدی از زنجیره های پلیمری در بتن یا ملات پدید می آورند. با پیشرفت واکنش آبگیری سیمان و با گذشت زمان به تدریج محصولات آبگیری سیمان زنجیره های پلیمری را در بر می گیرند. بنابراین می توان اینگونه انگاشت کهاین ساختار سه بعدی از زنجیره های پلیمری همانند ریزالیاف عمل می کند و خواص مکانیکی به ویژه مقاومت کششی و خمشی بتن را بهبود می بخشد. از سوی دیگر، زنجیره های پلیمری که با محصولات آبگیری سیمان در بر گرفته شده اند دارای ویژگی ترک دوزی هستند و از گسترش ریزترک ها وتبدیل شدن آنها به ترک در بتن و ترک های نمایان در سطح بتن جلوگیری می کنند. بنابراین استفاده از لاتکس ها می تواند به کنترل ترک های تکیدگی و جلوگیری از گسترش آنها کمک کند. به بیان دیگر، لاتکس ها نقشی در کاهش تکیدگی (جمع شدگی ناشی از خشک شدن) بتن ندارند و فقط پیامد آن یعنی ترک های تکیدگی را کنترل می کنند.

این دو کارکرد لاتکس ها در بتن یعنی افزایش مقاومت کششی و خمشی و نیز کنترل ترک های تکیدگی به همراه بهبود چسبندگی که لاتکس ها به بتن زیر فراهم می آورند، کاربرد لاتکس ها را در روکش های بتنی برای کفسازی بسیار سودمند و کارآمد کرده است.

3- پوشش ها

لاتکس ها در کنار کارکردهایی که به آنها اشاره شد یعین بهبود مقاومت کششی و خمشی، کنترل ترک های تکیدگی، و بهبود چسبندگی بتن و ملات سبب بهبود انعطاف پذیری ملات و بتن نیز می شوند. این کارکردها امکان استفاده از اندودهای رنگی سیمانی دارای لاتکس را برای پوشش های محافظ و پوشش های نماسازی فراهم می کنند.

ضدیخ

یخ زدن در بتن سخت شده، بتن جوام (نارس، نوگرفته)، و بتن تازه از سه دیدگاه گوناگون بررسی می شود. یخ زدن بتن سخت شده در مبحث پایایی بتن در برابر چرخه های یخ زدن و آب شدن مورد ارزیابی قرار می گیرد و همچنان که در فصل سوم (افزودنی های هوازا) اشاره شد، راه کار بهبود و افزایش پایایی بتن سخت شده در برابر چرخه های یخ زدن و آب شدن به کاربردن افزودنی های هوازا است. بتن جوان (نارس، نوگرفته) به بتنی گفته می شود که گیرش آن انجام شده باشد ولی هنوز سخت نشده است. به بیان دیگر، بتن از یک سیال خمیری به یک جسم جامد تغییر حالت داده است ولی هنوز نمی تواند بارها و تنش های وارده را به خوبی تحمل کند. بتن جوان (نارس، نوگرفته) در برابر یخ زدن بسیار آسیب پذیر است زیرا به آسانی ترک می خورد. راه کار بهبود توانایی بتن جوان (نارس، نوگرفته) در برابر یخ زدن همچنان که در بخش پنجم به آن اشاره شد، شتاب دادن به روند کسب مقاومت آن به کمک افزودنی های زودسخت کننده است تا بتواند تنش های درونی ناشی از افزایش حجم یخ را تحمل کند. یخ زدن بتن تازه اندکی پیچیده تر است و نیاز به بررسی بیشتری دارد.

آب در بتن تازه به دلیل وجود یون ها و املاح به صورت خالص نیست بنابراین بتن تازه در صفر درجه سانتی گراد یخ نمی زند. از سوی دیگر بخشی از آب بتن تازه که امکان یخ زدن دارد آب آزاد است و آب جذب شده به سطح دانه های ذرات و آب بین ژل ها به سادگی یخ نمی زند. پس انتظار این است که نقطه یخبندان بتن تازه حدود 2 تا 4 درجه سانتی گراد زیر صفر باشد. در حالت کلی با کاهش دمای بتن تازه و دمای عمل آوری بتن، واکنش شیمیایی آبگیری سیمان و روند کسب مقاومت بتن کند می شود. با افزایش دمای نگه داری بتن، واکنش آبگیری شتاب می گیرد و مقاومت بتن هایی که در ابتدا در دمای پایین ساخته و نگه داری شده اند رشد می کند و در درازمدت از مقاومت بتن هایی که در دمای متعارف (حدود 23 درجه سانتی گراد) ساخته و نگه داری شده اند فراتر می رود.با کاهش دمای بتن تازه به حدود 9 درجه زیر صفر نیز به شرط آنکه آب بتن تازه یخ نزند، واکنش آبگیری متوقف نشده هر چند که بسیار کند می شود. حتی در دمای نگه داری نزدیک به یخبندان نیز مقاومت 28 روزه حدود نصف مقاومت فشاری نمونه نگه داری شده در دمای متعارف است.

بنابراین اگر بتن تازه یخ نزند با آنکه واکنش های آبگیری سیمان بسیار کند می شوند ولی متوقف نمی شوند و با افزایش دما در سنین بالاتر روند کسب مقاومت بتن شتاب می گیرد (شکل 8-6) و در درازمدت به مقاومت مورد نظر دست خواهد یافت. از آنجا که واکنش های شیمیایی آبگیری سیمان در ابتدا نیازمند انحلال و تجزیه ترکیبات و جابجا شدن یون ها در آب است، چنانچه بتن تازه یخ بزند می توان اینگونه انگاشت که هم واکنش آبگیری سیمان تقریباً متوقف می شود و هم به دلیل آنکه یون ها نمی توانند در یخ جابجا شوند آن بخشی از واکنش که پیش از یخ زدن آغاز شده است نیز ناقص خواهد ماند. ناقص ماندن فرآیند و روند واکنش های شیمیایی آبگیری سیمان به از هم پاشیدن ریزساختار بتن و به افت شدید ویژگی های بتن سخت شده خواهد انجامید.افزودنی های ضدیخ که برای اولین بار در دهه 1950 میلادی در شوروی سابق به کار برده شده اند، به گونه ای طراحی شده اند که هم نقطه یخبندان بتن تازه را پایین بیاورند و هم امکان بتن ریزی و عمل آمدن بتن را در دماهای زیر صفر (یخبندان آب) فراهم آورند. این افزودنی ها به نام افزودنی برای هوای سرد نیز شناخته می شوند. نمک های (املاح) نیتریت مانند نیتریت سدیم و کلسیم، محلول آمونیاک و برخی الکل ها با وزن مولکولی زیاد از شناخته شده ترین افزودنی های ضدیخ هستند که هم به تنهایی و هم همراه با افزودنی های دیگر به کار می روند. مشخصات فنی افزودنی های **ضدیخ بتن** باید با استاندارد ASTM C1622 (مشخصات فنی استاندارد برای افزودنی های هوای سرد) سازگاری و همخوانی داشته باشند.

رنگ بخش ها

افزودنی های رنگ بخش که برای رنگی کردن بتن و ملات به کار می روند از رنگدانه های طبیعی یا مصنوعی ناواکنشگر و خنثی تشکیل می شوند. افزودنی های رنگ بخش یا به تنهایی به مخلوط افزوده می شوند یا همراه و در ترکیب با افزودنی های دیگر مانند هوازداها، پخش کننده ها (به ویژه کاهنده های آب) و پایدار کننده ها به کار می روند. رنگدانه های طبیعی و معدنی به ریزدانگی و خلوص رنگدانه های مصنوعی نیستند و مقدار مصرف آنها چندین برابر رنگدانه های مصنوعی و آلی است. رنگدانه های طبیعی و معدنی در مقایسه با رنگدانه های مصنوعی و آلی در زمان بهره برداری و در درازمدت از پایداری و ثبات رنگی بهتری، به ویژه در برابر پرتوهای فرابنفش (UV)، برخوردارند. افزودنی های رنگ بخش از نوع افزودنی های با عملکرد فیزیکی هستند و در روند و واکنش آبگیری سیمان دخالتی ندارند. این افزودنی ها باید با ضوابط استاندارد ASTM C979 همخوان باشند و بر ویژگی های فیزیکی و مکانیکی بتن تاثیری نداشته باشند. از رنگدانه هایی که برای بتن رنگی به کار می روند می توان به دوده اصلاح شده، اکسید آهن، فتالوسیانین، گِل اُخرا، اکسید کُرم، اکسید تیتانیم، و پودر لاجورد اشاره کرد. رنگ بخش ها برای تولید بتن رنگی و اندود سیمانی رنگدار به کار می روند. از بتن رنگی برای تولید قطعات پیش ساخته رنگی و اجرای کفسازی رنگی (موزاییک درجا) استفاده می شود. روش دیگر اجرای کفسازی رنگی استفاده از خشکه پاشی است که در آن پس از ریختن و شمشه کشی بتن کف، مخلوطی از رنگدانه و ریزدانه خشک (با یا بدون سیمان خشک) بر روی سطح بتن تازه پاشیده و همراه با بتن ماله کشی و پرداخت می شود. اندودهای رنگی به دو روش پاشش یا اجرای دستی به سطح اعمال می شوند. در روش پاششی، سطح اندود بافت دار و نامنظم می شود. در روش دستی، سطح تمام شده ی اندود می تواند صاف یا بافت دار باشد. از آنجا که پرداخت بیش از اندازه سطح

اندود ممکن است به چندرنگی (پررنگی و کم رنگی) سطح بیانجامد بهتر است از پرداخت و ماله کاری بیش از اندازه سطح اندود پرهیز شود. رنگ بخش های آلی بیشتر از رنگ بخش های معدنی مستعد چندرنگی در اثر پرداخت سطح هستند. برای بتن و اندود رنگی بهتر است از سیمان سفید استفاده شود.

اگر مقدار مصرف رنگدانه ها (به جز دوده) کمتر از 6٪ وزن سیمان باشد معمولاً اثری بر ویژگی های بتن تازه و سخت شده ندارند. در هر حالتی مقدار مصرف رنگدانه نباید از 10٪ وزن سیمان بیشتر باشد. دوده مقدار هوای بتن را در بتن هوازایی شده به شدت کاهش می دهد و بنا به نیاز باید مقدار مصرف افزودنی هوازا را در بتن رنگی هوازایی شده افزایش داد. استفاده از کلسیم کلراید (نوعی شتاب دهنده برای بتن غیر مسلح) همراه با رنگدانه ها سبب چندرنگی و بدرنگی بتن می شود.

هوازداها

افزودنی های هوازدا مقدار هوا را در بتن کاهش می دهند. این مواد زمانی مورد استفاده قرار می گیرند که مقدار هوا را نمی توان با تنظیم نسبت های اختلاط یا با تغییر مقدار مصرف مواد هوازا ودیگر افزودنی ها کاهش داد. هوازداها به ندرت به تنهایی استفاده می شوند و معمولاً به عنوان جزء تنظیم کننده مقدار هوا در دیگر افزودنی ها (به ویژه کاهنده های آب) به کار می روند. کارآمد بودن]اثرگذاری[و محدوده مصرف آنها پیش از مصرف در ساخت بتن در کارگاه، باید براساس مخلوط های آزمایشی تعیین شود.

تری بوتیل فسفات، دی بوتیل فتالات، اکتیل الکل، اسید کربنیک و اسید بوریک، استرهای انحلال ناپذیر در آب، و سیلیکون ها از جمله موادی هستند که برای هوازدایی و کاهش مقدار هوا در بتن تازه به کار می روند. این افزودنی ها گاهش به نام های کف زدا یا از بین برنده های هوا نیز شناخته می شوند.

افزودنی های قارچ کش، میکروب کش و حشره کش

رشد باکتری ها و قارچ ها بر روی سطح بتن یا در درون بتن را می توان تا حدودی با بهره گیری از افزودنی های قارچ کش، میکروب کش و حشره کش کنترل کرد. کاربرد اصلی این افزودنی ها جلوگیری از رشد باکتری و قارچ روی سطح دیوار و کف های بتنی در مناطق مرطوب است. موثرترین مواد از این دسته، فنل های پلی هالوژنه، امولسیون های دی آلدرین، و ترکیبات مس (مانند کات کبود) هستند. اثرگذاری این مواد به ویژه ترکیبات مس عموماً موقتی است و به شرایط و نوع باکتری و قارچ موجود بستگی دارد و با توجه به روش های پاکسازی سطوح در زمان بهره برداری، میزان موثر بودن آنها تغییر می کند. مقادیر مصرف بیشتر از 3 درصد این افزودنی ها ممکن است مقاومت بتن را کاهش دهد.

شناخت افزودنی های شیمیایی بتن

افزودنی های بتن مواد شیمیایی هستند که در زمان مخلوط کردن یا در هنگام گیرش اولیه و یا پس از سخت شدن به بتن یا ملات اضافه می شوند تا خصوصیات آنرا تغییر دهند این مواد می توانند یک ماده شیمیایی واحد یا ترکیبی از چندین ماده شیمیایی باشند . از لحاظ فیزیکی ممکن است به عنوان پودر تهیه شده اما از آنجا که در حالت مایع راحت تر می توانند جدا شده و در بتن پراکنده شوند، اکثر آنها محلول های آبی اند.ماده شیمیایی فعال یا موثر به طور معمول 35-40 درصد حجم کلی در ترکیبات مایع است اما می تواند خلوص صد درصدی داشته باشد (به عنوان مثال ترکیبات کاهنده شیرینکیج و جمع شدگی بتن) و یا حداکثر 2٪ کل حجم باشد (مثلا ترکیبات حباب ساز بتن). این به آن معناست که در بیشتر موارد ، آب اضافه شده از طریق مواد افزودنی به بتن آنقدری نیست که نسبت آب به سیمان در مخلوط بتنی نیازمند تصحیح باشد (برخلاف رویه ای مثل بتن ریزی در هوای گرم که در آن با اضافه کردن یخ خرد شده به بتن دمای مصالح سنگی پایین آورده شده و درعین حال درصد حجم یخ را محاسبه و میزان آب متناظر را در بتن در حال اختلاط کاهش می دهند).درصد اضافه شدن مواد افزودنی به طور متوسط کمتر از 5٪ وزن سیمان مصرفی است اما بیشتر ترکیبات کمتر از 2٪ و معمولا 1 تا 1/5 درصد است. و به تعبیر دیگر مواد شیمیایی فعال معمولاً کمتر 0.02٪ وزن بتن را دارند.

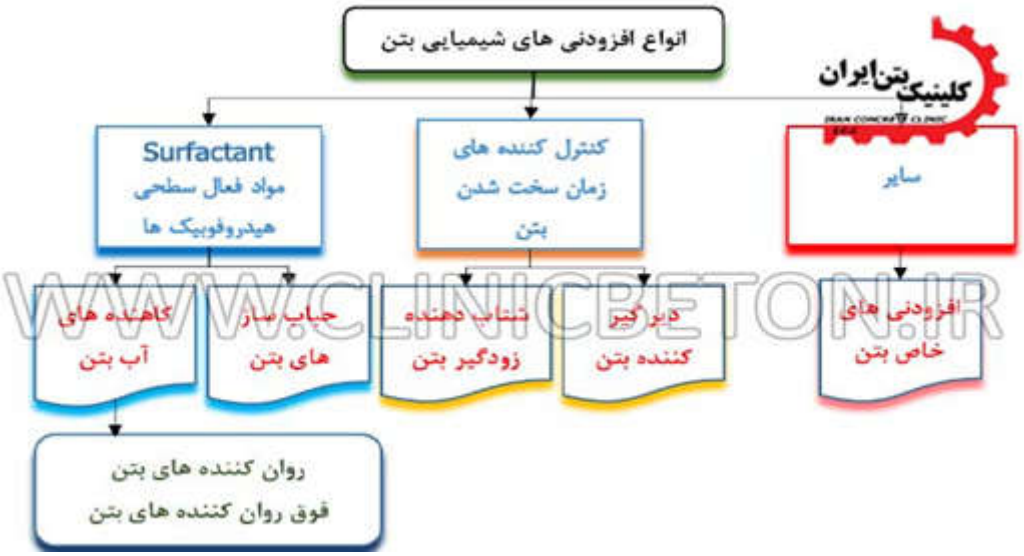
دوز مصرف مواد افزودنی بتن ممکن است با واحد حجم، لیتر یا وزن، کیلوگرم در هر 100 کیلوگرم سیمان بیان شود ، بنابرین باید به مقادیر عیار سیمان (وزن سیمان در هر متر مکعب بتن) در هنگام میکس و اختلاط توجه کرد.

تاریخچه مختصر مصرف افزودنی در بتن

جهان باستان	دیر گیر کننده	پیشاب حیوانی و انسانی
جهان باستان	حباب ساز بتن	خون
جهان باستان	الیاف	کاه و الیاف گیاهی و پشم و موی جانوران
روان کننده های بتن	1934	سولفونات نفتالین فرمالدهید – در ابعاد غیر تجاری و صرفا آزمایشگاهی
روان کننده های بتن	دهه 30 میلادی	لیگنو سولفونات
روان کننده های بتن	دهه 30 میلادی	نمک اسید هیدروکربوکسیلیک به عنوان روان کننده و دیر گیر کننده
آب بند کننده های بتن	دهه 40 میلادی	اسیدهای چرب ، استئارات و اولئات
حباب ساز بتن	1941	صابون و اسید های چرب برای محافظت در برابر سرما و سیکل ذوب وانجماد
فوق روان کننده و ابر روان کننده های بتن	1963	سولفونات نفتالین فرمالدهید در ابعاد تجاری و صنعتی
فوق روان کننده و ابر روان کننده های بتن	1963	نفتالین ملامین فرمالدهید
فوق روان کننده و ابر روان کننده های بتن	دهه 90 میلادی	پلی کربوکسیلات اتر

استانداردها و انواع مواد افزودنی های بتن

استانداردهای مجزای کشورهای اروپایی طی سال 2002 فسخ شده و از این سال استاندارد جدید اروپایی EN 934 معرفی شد،که انواع اصلی مواد افزودنی را شامل می شود. این استاندارد در حال حاضر به پنج بخش تقسیم شده است. EN 934 ، مواد افزودنی برای بتن (قسمت 2) ، ملات (قسمت 3) ، گروت (قسمت 4) و بتن شاتکریت (قسمت 5) را پوشش می دهد. قسمت 2 ، که مربوط به مواد افزودنی بتنی ست ، احتمالاً مهمترین بخش این استاندارد است.



مواد افزودنی بتن تحت پوشش استاندارد EN 934

روان کننده بتن / کاهنده های آب معمولی EN 934-2 (WRA)

ابر روان کننده بتن / کاهنده های آب EN 934-2 (HRWRA)

روان کننده و دیر گیر کننده بتن EN 934-2

زود گیر کننده بتن / افزودنی کسب مقاومت سریع برای بتن EN 934-2

حباب ساز و هوا زا برای بتن EN 934-2

کیورینگ و عمل آورنده بتن EN 934-2

آب بند کننده بتن EN 934-2

مواد افزودنی ملات آماده EN 934-3

افزودنی های بتن شاتکریت EN 934-5

افزودنی برای بتن های تزئینی و پیش ساخته EN 934-4

چرا از Admixtures(افزودنی های شیمیایی بتن) استفاده می کنیم؟

مزایای اقتصادی و منفعت کارفرمای پروژه برای رسیدن به بهینه ترین طرح اختلاط از اهداف هر پروژه ی عمرانی ست .برای پیمانکار پروژه نیز افزایش سرعت به معنای کاهش هزینه هاست از طرفی تضمین کیفیت با افزایش کارایی مناسب (قوام) ، تراکم پذیری ، انسجام سازه های بتنی حاصل می گردد . برای طراحان و مشاوران هم امکان ساخت بتن توانمند برای نیاز های ویژه مطابق خواست کارفرما را فراهم می کند. مسئله دوام و پایداری سازه برای مصرف کننده حائز اهمیت است. همچنین مسائل زیست محیطی و تاثیرات کاهش خطا در مدت زمان پروژه و مصارف انرژی به محیط زیست سالم تر و توسعه پایدار دولت ها و ملت ها کمک می کند.

مواد شیمیایی فعال سطح (سورفکتانت)

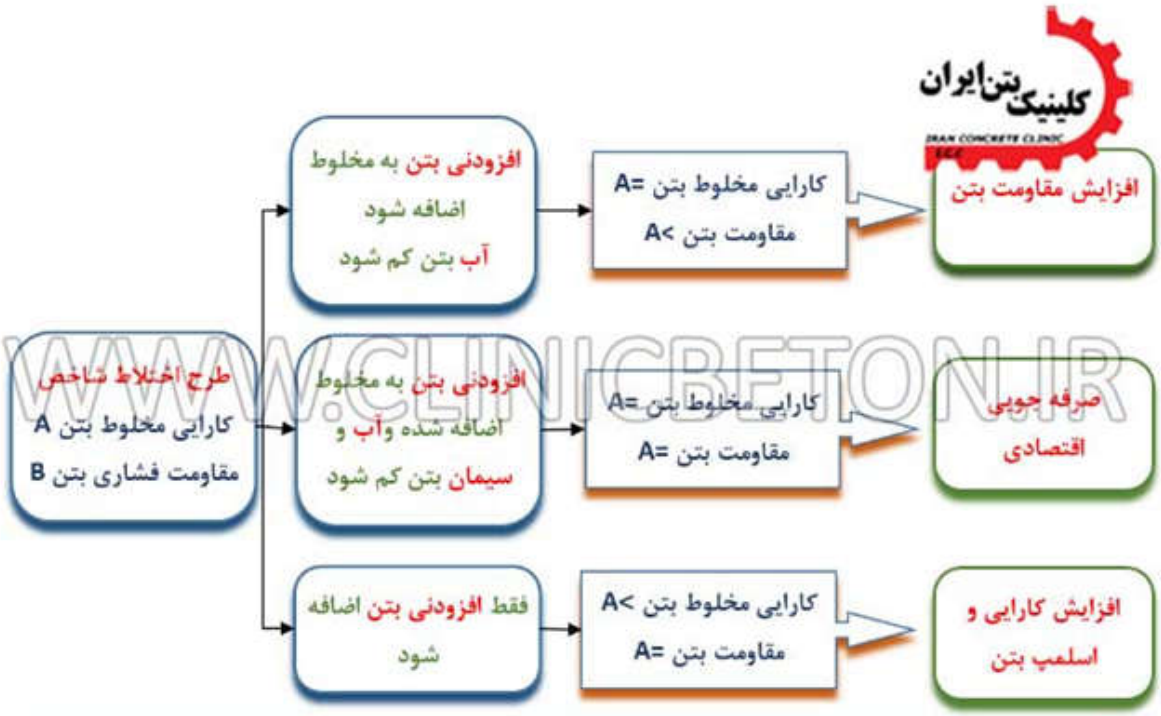
فرمول شیمیایی مواد شیمیایی فعال سطح شامل یک زنجیره هیدروکربن غیر قطبی (دافع آب) با قطبی آنیونی (جاذب آب) است.در شکل زیر عملکرد ماده هیدرولیک با یک سر آزاد و نحوه اتصال آن به واحد تکرار شونده لیگنو سولفونات مشاهده می شود. (در واقع سورفکتانت ها با کاهش نیروی کششی آب امکان جدا شدن ملکول های آب را فراهم کرده و پراکندگی آب را راحت تر می کنند)

ترکیبات کاهنده های آب (پلاستیک سازها)

پلاستیسایزرها ماده ای آلی یا ترکیبی از مواد آلی و معدنی هستند که در صورت افزودن به هر ماده ی مخلوط ، میزان آب را برای درجه خاصی از کارایی کاهش می دهند.

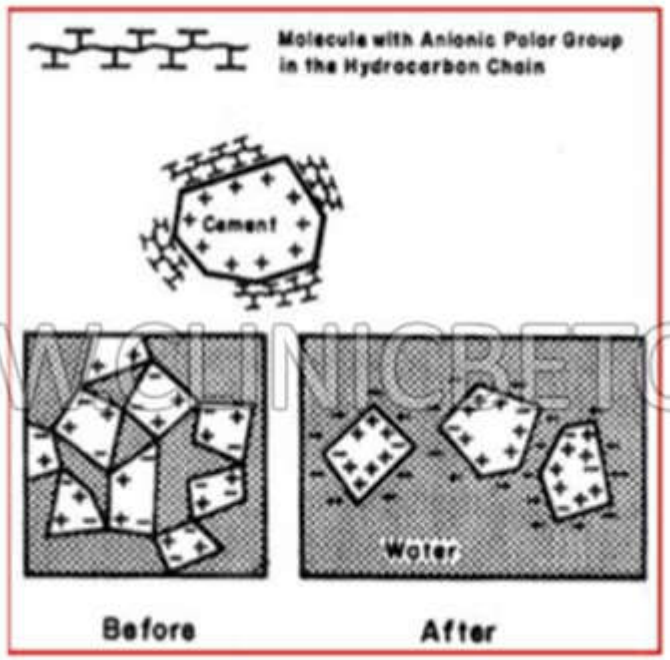
اجزاء سازنده مواد افزودنی در بتن

مواد تشکیل دهنده روان کننده ها در بتن عبارتند از: سورفاکتانتهای آنیونی (مانند لیگنوسولفوناتها ، نمکهای سولفوناتهای هیدروکربن)، سورفاکتانتهای غیر یونی (مانند استرهای پلی گلیکول، اسیدهای کربوکسیلیک هیدروکسیله) وسایر کربوهیدرات ها از جمله کلسیم، سدیم و لیونوزولفونات های آمونیوم. روان کننده بتن از 0.1 تا 0.4 درصد وزن سیمان مصرفی با بتن مخلوط می شود و با افزایش کارآیی و روانی و اسلمپ از 25 تا 120میلی متر (یعنی به اسلمپ بتن کارگاهی – 60 تا 80 میلیمتر- حداقل 25 و حداکثر 120 میلیمتر اضافه می کند) و درصد آب را از 5 تا 15 ٪ کاهش می دهد. اثر ترکیبات کاهنده آب در مخلوط های بتنی می تواند به سه طریق اعمال شود ، که در شکل زیر نشان داده شده است.



مکانیزم و روش عملکرد روان کننده بتن

در مخلوط بتن، ذرات سیمان مولکول های روان کننده را جذب کرده و باعث تغییر بار الکتریکی سطحی هم نام شده و در اثر نیروهای دافعه موجب پراکندگی سیمان می گردند. در نتیجه این عمل باعث افزایش قابلیت انعطاف پذیری و کارایی و روانی و افزایش اسلمپ بتن می شود. بعضی از روان کننده های بتن همچنین حباب هوا را به درون مخلوط بتن کشیده (هرچند یک ماده روان کننده مطلوب چیزی کمتر از 2 درصد هوا وارد می کند) و حباب های هوا به مثابه ساچمه امکان غلطیدن لایه های بتن در حال میکس شدن را فراهم می آورند. روان کننده های بتن در برند های مختلف منجمله «کلینیک بتن ایران» که علاوه بر آن امکان انجام تغییرات به خواست مشتری در فرمول روان کننده ها و افزودنی های بتن را دارد، با مشخصات فنی، نحوه ترکیب، میزان مصرف متنوع در بازار موجود هستند. شکل زیر پراکندگی ذرات سیمانی با آزاد شدن آب و افزایش سیالیت مخلوط پس از افزودن روان کننده بتن را نشان می دهد.



WWW.CLINICBETON.IR

موارد استفاده ی روان کننده های بتن

- کسب مقاومت بیشتر با کاهش نسبت آب به سیمان در اسلمپ مشابه با طرح اختلاط شاهد (شاخص).
- کاهش حرارت هیدراتاسیون و سرعت واکنش سیمان در بتن ریزی های حجیم.
- افزایش کارایی و اسلمپ بتن برای دسترسی به نقاطی از قالب بندی که امکان نفوذ بتن در آن به راحتی امکان پذیر نیست.
- کاهش آب بیش از 5٪ تا 12٪ نسبت به طرح اختلاط اولیه بتن.

شایان ذکر است مواد افزودنی متداول در بتن نمک های لیگنو سولفوناتها و اسیدهای هیدروکربولیک هستند. روان کننده های بتن معمولاً بر پایه لیگنوسولفونات، که یک پلیمر طبیعی است، حاصل فرآوری چوب در صنعت کاغذ سازی یا حتی عصاره ی نیشکر و چغندر است. روان کننده های بتنی که خاصیت دیر گیری در بتن ایجاد می کنند یک غلاف بر روی ذرات سیمان ایجاد کرده و تا زمانی که پیوستگی ملکول های فوق روان کننده بتن دیرگیر پایدار است، واکنش هیدراتاسیون سطحی بین آب و سیمان را مهار می کند.

تأثیر روان ساز های بتن و کاهنده های آب بر روی خواص مکانیکی بتن

دوز افزودنی به نوع سیمان، نوع سنگدانه و درجه بندی، نسبت مواد مخلوط و درجه حرارت محیط وابسته است اما بطور کلی روان کننده بتن ability کارایی و روانی بتن و اسلمپ اولیه را برای مدت زمان مشخصی بالا می برد. همچنین مقاومت فشاری بتن با استفاده از مواد افزودنی کاهش دهنده آب در بتن با کاهش نسبت آب به سیمان و افزایش عیار سیمان در زمان بتن ریزی ضمن حفظ کارایی و روانی بتن در سطح مناسب افزایش می دهد. نمونه تأثیرات ترکیبات کاهش دهنده آب بر کارایی و مقاومت بتن در جدول زیرنشان داده شده است.

طرح اختلاط بتن	درصد افزودنی بر حسب سیمان مصرفی	میزان مصرف سیمان در هر متر مکعب	نسبت آب به سیمان w/c	اسلمپ و روانی بتن mm	مقاومت فشاری نمونه Mpa			
					یک روزه	سه روزه	هفت روزه	۲۸ روزه
بتن معمولی	-	۳۰۰	۰/۴۵	۷۰	۷	۱۸	۲۶	۳۴
افزودنی برای افزایش روانی و اسلمپ بتن	٪ ۰/۲	۳۰۰	۰/۴۵	۱۰۰	۷	۱۸	۲۸	۳۶
	٪ ۰/۳	۳۰۰	۰/۴۵	۱۲۰	۶	۱۷	۲۷	۳۸
افزایش مقاومت فشاری بتن	٪ ۰/۲	۳۰۰	۰/۳۵	۹۰	۷	۲۱	۳۲	۴۲
	٪ ۰/۳	۳۰۰	۰/۳۵	۹۰	۸	۲۳	۳۳	۴۶
کم کردن هزینها با کاهش درصد سیمان	٪ ۰/۲	۲۷۰	۰/۴۵	۸۰	۷	۱۹	۲۸	۳۶
	٪ ۰/۳	۲۵۰	۰/۴۵	۸۰	۶	۱۹	۲۷	۳۵

WWW.CLINICBETON.IR

موارد احتیاطی برای استفاده ی بیش از حد از افزودنی های بتن

مقدار بیش از حد کاهش آب یا افزایش کارآیی و روانی بتن با مصرف بیش از اندازه یا overdose افزایش می یابد. مصرف بیش از اندازه در موارد خاص می تواند باعث عدم سفت شدن بتن، افزایش حباب هوا با ریسک تخلخل بتن، آب انداختگی بدن، جداشدگی مصالح سنگی از شیرابه بتن و افت مقاومت و افزایش نفوذ پذیری و ترک در بتن و در نتیجه افت دوام و پایایی آن گردد.

کاهنده شدید آب در بتن یا ابر روان کننده بتن (HRWR)High Range Water Reducing Admixture for Concrete

ابر روان کننده های بتن که سه تا چهار برابر روان کننده های معمولی بتن قابلیت کاهش نسبت آب به سیمان در مخلوط بتن را دارند از دهه 70 میلادی در صنعت عمران مورد استفاده قرار می گیرند .

بطور کلی این دسته افزودنی های بتن در چهارگروه دسته بندی می شوند:

1-میعانات ملامین فرمالدئید سولفون شده که برای استفاده در مناطق جغرافیایی معتدل با دمای پایین مناسب است و دوز مصرفی آن 0.5 تا 3 درصد وزن سیمان است.

2- میعانات سولفونه شده نفتالین فرمالدئید که برای استفاده در مناطق جغرافیایی گرم دمای محیط بالا مناسب تر است و درصد مصرف آن 0.5 تا 3٪ وزن سیمان می باشد.

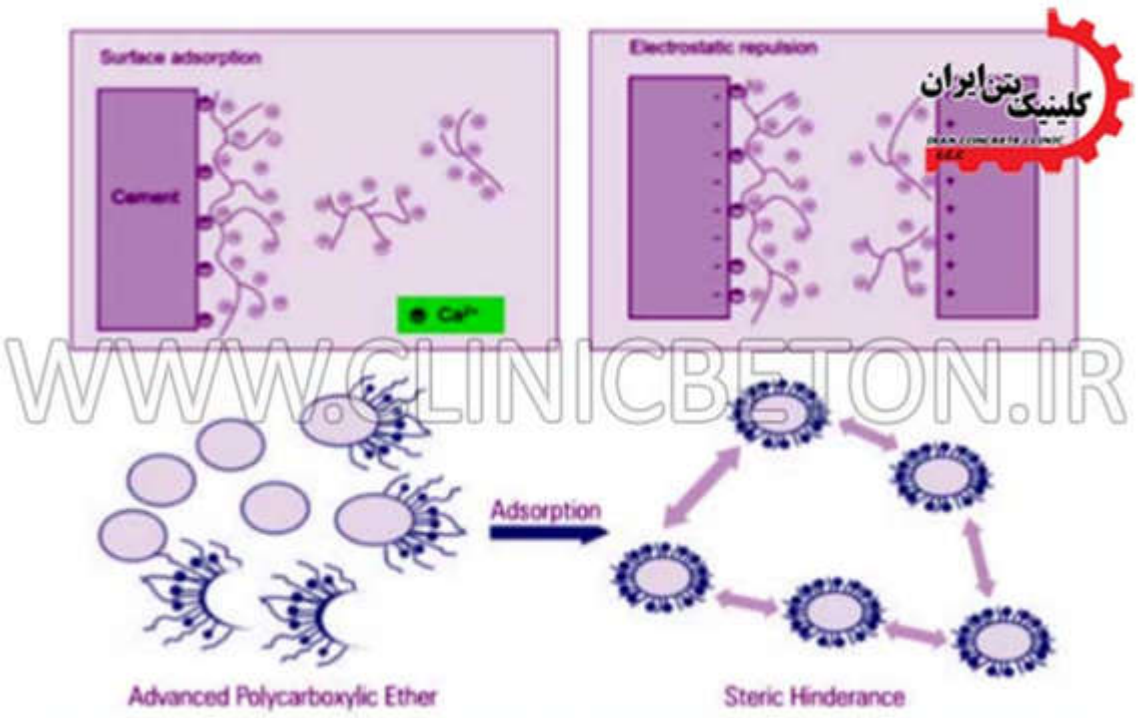
3-پلیمرهای اصلاح شده لیگنو سولفونات ها که مناسب محیط های شرجی که در آن تغییر دما زیاد می باشد است و با دوز بیش از 1/5٪ وزن سیمان پیشنهاد می گردد.

4- ترکیبات کروبکسیلاتی با دامنه حفظ اسلمپ بالا و روانی فوق العاده به بتن که درصد وزنی مصرف به نسبت وزن سیمان در آن 0/2 تا 0/3 درصد و پاره ای موارد 0/5٪ است.

ابر روان کننده بتن بر روی سطح ذرات سیمانی جذب می شود و بدین ترتیب میزان جذب ذرات سیمان کاهش می یابد و پراکندگی یکنواخت تر دانه های سیمانی را نسبت به افزودنی کاهنده آب در بتن عادی را موجب می شود. در اصل، مکانیسم پراکندگی ابر روان کننده های بتن عمدتا به دلیل خاصیت «مانع استریکی» یا «ممانعت فضایی» در ملکول هاست. زنجیره های پیوندی مولکول های پلیمری روی سطح سیمان به خودی خود مانع جمع شدن و ترکیب «آگلومرا» (agglomerateکلوخه یا

تجمع ذرات کلوئیدی)و اجزای بزرگ و نامنظم ذرات سیمان می شوند. اثر مانع استریکی باعث افزایش ظرفیت ذرات سیمانی برای جداسازی و پراکندگی می شود و در نتیجه ساختار پراکنده را برای مدت زمان طولانی تر حفظ می کند. در این مخلوط بتن، افت اسلمپ و روانی بتن دیرتر صورت می پذیرد.

مکانیسم اثر استریک Steric Hindrance Mechanism یا ممانعت فضایی (ممانعت فضایی هنگامی رخ می دهد که اندازه ی بزرگ گروه های تشکیل دهنده ی یک مولکول، مانع انجام واکنش های شیمیایی ای شود که در مولکول‌های مشابه ولی با اندازه ی کوچک تر مشاهده شده است.) در مخلوط بتنی حاوی ابر روان کننده بتن Concrete SuperPlasticizer و در نتیجه حفظ اسلمپ طولانی تر است، در شکل زیر نشان داده شده.



WWW.CLINICBETON.IR
کلینیک بتن ایران

مزایای استفاده از ابر روان کننده های بتن

- کاهش قابل توجه نسبت آب به سیمان و در نتیجه افزایش مقاومت فشاری در بتن.
- کاهش میزان سیمان مصرفی در بتن های اقتصادی.
- افزایش کارآیی و اسلمپ و روانی بتن به همراه حفظ اسلمپ طولانی تر نسبت به افزودنی های بتن مشابه.
- کاهش ریسک از دست رفتن بتن به دلیل فاصله حمل.
- استفاده موثرتر از سیمان.
- کسب مقاومت سریع در بتن.
- افزایش مقاومت بلند مدت بتن.
- کاهش نفوذپذیری بتن.

نقاط ضعف ابر روان کننده های بتن

هزینه استفاده از این افزودنی بتن زیاد است. هرچند ممکن است باعث مصرف سیمان کمتر یا حتی با توجه به دوز مصرف، کاهش هزینه حمل و انبار داری شود، اما این تنها در پروژه ها و ساخت و سازهای عمرانی بزرگ توجیه دارد، علاوه بر آن این نوع ابر روان کننده ها رنگ شیره بتن را تغییر داده بنابرین تا حدودی رنگ بتن اولیه را تغییر می دهند. ضمنا نسبت به برخی از تیپ های

سیمان عملکرد مناسبی ندارند و به دلیل آنکه تغییر دوز مصرف می تواند اثرات مخربی بر بتن نهایی بگذارد، استفاده از آن نیازمند تجربه و دانش کافیست.

کاربرد ابر روان کننده ها در بتن خود متراکم Self Concrete Compacting (SCC)

ابر روان کننده ها در بتن خود متراکم با افزایش اسلمپ و روانی بتن باعث می شوند تا بتن به نقاط غیر قابل دسترس نفوذ پیدا کند. مثلا دربتن ریزی اسلب کف و رو سازی هایی با ضخامت پایین، با کمترین ضربه و لرزش تراکم مناسبی ایجاد می شود، این تراکم مناسب در جایی که مانعی همچون مقاطع کوچک بتن ریزی، ارتفاع زیاد قالب بندی یا شلوغی شبکه آرماتور وجود داشته باشد باعث بهبود کیفیت می گردد. در سازه های آبی این تراکم باعث کاهش نفوذ پذیری بتن در برابر آب شده و دوام سازه بتنی را افزایش می دهد. در دوره های اورهال و تعمیرات، کسب مقاومت سریع در بتن، مدت زمان مورد نیاز برای بارگذاری را کاهش داده و تسریع در بازگشت به چرخه بهره برداری را موجب می شود. یکنواختی بتن برای سازه های مدفون در محیط های خورنده امکان خوردگی شبکه آرماتور، اکسیداسیون، واکنش های قلیایی و حمله کلورها را کاهش می دهد.

نکات قابل توجه در طرح مخلوط بتن به همراه ابر روان کننده

برای بتن با کارایی بالا ، توجه به طرح اختلاط بسیار مهم است تا آب انداختگی یا جداشدگی در بتن ایجاد نگردد. به طور خاص ، شاید لازم باشد که سنگدانه های ریز دانه 5٪ به نسبت حجم کل افزایش یابد.همینطور توصیه می شود ابر روان کننده بتن درست قبل از تخلیه به بتن اضافه شده و در میکسر با سرعت کامل و دور تند حدود دو دقیقه مخلوط شود.

برای بتن هایی که از کارخانه بتن تامین می گردند باید تمهیداتی برای اضافه کردن فوق روان کننده بتن پس از رسیدن تراک میکسر در محل پروژه در نظر گرفته شود زیرا مدت زمان روانی و عدد اسلمپ بتن به مرور کاهش یافته و زمان حمل نیز از بازه ی حفظ اسلمپ کم می شود.با توجه به کارکرد ابر روان کننده در بتن خود متراکم ویبره ی بیش از حد بتن موجب آب انداختگی Bleeding of concret و جدا شدن سنگدانه ها از شیره بتن شود. اما اگر از قابلیت کاهش آب ابر روان کننده بتن استفاده می گردد می توان به روش معمولی از ویبراتور بتن استفاده کرد.افزایش سیالیت بتن در حال حرکت به معنای اعمال فشار اضافی بر روی قالب می باشد. قالب باید برای مقاومت در برابر فشار هیدرواستاتیک طراحی و در هنگام بتن ریزی از قابل اعتماد بودن تجهیزات پشت قالب اطمینان حاصل شود.

درجدول زیر مقایسه ای بین ترکیبات کاهنده آب نرمال و ترکیبات کاهنده شدید آب نشان داده شده است.

	روان کننده بتن	فوق روان کننده بتن
اجزاء اصلی	لیگنو سولفونات کربوهیدرات های مجاز	پلیمر های ملامینیSMFC پلیمر های نفتالینیSNFC پلی کربوکسیلات اترPCE
دوز نرمال 40– درصد ماده موثره	5/0تا 2 درصد وزن سیمان مصرفی	2/0تا 1/5 درصد وزن سیمان مصرفی
هزینه	*	متوسط 2 برابر هزینه روان کننده های بتن عادی
مصرف بیش از حدoverdose	ایجاد حباب هوا و دیرگیری در بتن	اگر بدون کاهش آب باشد باعث آب انداختگی بتن می گردد.
اثر کاهندگی آب	8تا 10 درصد	15تا 30 درصد
*در پاره ای اوقات امکان ترکیب ابر روان کننده های بتن با لیگنوسولفونات در هنگام تولید به منظور مقرون به صرفه شدن محصول نهایی و با توجه به ویژگی ها و نیاز پروژه وجود دارد.		

ماده افزودنی هوازا و حباب ساز در بتن

مواد افزودنی هوازا برای ساخت و تثبیت حباب های میکروسکوپی هوا (عمدتا بین قطر 0.25-1 میلی متر) در بتن استفاده می شود. ورود هوا به طرز چشمگیری باعث افزایش دوام بتن های در معرض چرخه انجماد و ذوب خواهد شد. هوای ورودی مقاومت بتن در برابر شن زدگی سطح ناشی از chemical deicers یا اثر شیمیایی غلظت ضدیخ ها بر روی بتن را تا حد زیادی بهبود می بخشد. علاوه بر این ، کارایی و روانی بتن تازه به میزان قابل توجهی بهبود یافته ، و جداشدگی و آب انداختگی کاهش یافته یا از بین می رود.شکل زیر تأثیر استفاده از ماده هوازای بتن را نشان می دهد.

مواد شیمیایی مورد استفاده در ترکیبات هوا زای بتن عبارتند از:

- رزین های چوبی طبیعی.
- چربی های حیوانی و گیاهی و روغن هایی مانند چربی گوشت ، روغن زیتون و اسیدهای چرب آنها مانند استئاریک و اسیدهای اولئیک. - مواد مرطوب کننده مانند نمک های قلیایی یا ترکیبات آلی سولفوناته.
- صابون های محلول در آب.
- نمک های سدیم ، اسیدهای نفتی، سولفونیک نفت ، پراکسید هیدروژن و پودر آلومینیوم و غیره.

عوامل موثر در تشکیل و کنترل مقدارحباب هوا در بتن

یک دوز معمولی از حباب ساز یا هوازای بتن شامل 0.0005 تا 0.05٪ وزن سیمان، ماده فعال است. عوامل مؤثر بر مقدار حباب تشکیل شده عبارتند از:

- نوع و مقدار مواد هوازای استفاده شده.
- نسبت آب به سیمان در مخلوط بتن.
- نوع و درجه بندی مصالح سنگی.
- مدت زمان اختلاط بتن.
- دمای محیط و یا مخلوط بتن.
- نوع و عیار سیمان.
- نحوه ی متراکم شدن بتن حین اجرا.
- مواد شیمیایی افزودنی بتن در طرح اختلاط.

مکانیزم عملکرد هوازا

فرمول شیمیایی یک سورفکتانت هوازا ی معمولی، که از یک زنجیره هیدروکربن غیر قطبی با یک گروه قطبی آنیونی تشکیل شده،در شکل پایین نشان داده شده است. در قاب دوم این شکل نحوه عمل آن دیده می شود. هنگام افزودن سورفکتانت به سیستم سیمان و آب، حفره های هوا متصل شده و تثبیت می شوند. در تعامل هوا-آب گروه های قطبی به سمت فاز آب جهت کاهش تنش سطحی و شدت یافتن تشکیل حباب حرکت کرده و تمایل جذب حباب ها را خنثی کرده و پراکنده می کنند. در تعامل آب با ذرات جامد سیمان بارهای الکتریکی و نیروی دافعه وجود دارد، گروههای قطبی با گروههای غیر قطبی که به سمت آب متمرکز شده اند به ذرات جامد متصل شده و سطح سیمان را آبگریز می کنند تا حباب های هوا بتواند آب را کنار زده و به جامد بچسبد. مکانیسم ورود هوا وقتی یک سورفاکتانت آنیونی با زنجیره هیدروکربن غیر قطبی به بتن اضافه شود در قاب آخر شکل زیر قابل مشاهده است.

تاثیر حباب ساز ها یا هوازا بر بتن

- افزایش مقاومت در برابر سیکل انجماد و ذوب.
- بهبود کارآیی و افزایش عدد اسلمپ در مخلوط بتن.
- کاهش مقاومت به صورت اتفاقی و با تولید بیش از حد حباب که موجبات تخلخل بتن را فراهم آورد (تمایل به تفکیک ذرات در بتن).
- کاهش آب انداختگی و تغییر رنگ.
- کاهش نفوذپذیری.
- مقاومت در برابر حمله شیمیایی.
- کاهش میزان ماسه در طرح اختلاط، حجم آب و حرارت مخرب ناشی از هیدراتاسیون در بتن ریزی های حجیم.
- کاهش وزن و چگالی بتن.
- کاهش واکنش دانه قلیایی و افزایش مدول ارتجاعی.

در شکل زیر ارتباط هوا زای بتن با مسئله دوام بتن نشان داده شده است.

اثر هوازا بر دوام بتن در محیط های سردسیری

عمده ترین کاربرد افزودنی های مربوط به هوا زایی در تولید سنگ فرش های بتنی برای جاده ها و فرودگاه هاست که در آن مقاومت در برابر رسوبات ناشی از یخ زدگی و ضد یخ لازم است. در سیکل ذوب انجماد، یخ پس از ذوب شدن در پیاله های ایجاد شده و منافذ تشکیل شده بر اثر حباب هوای حین ساخت بتن جمع شده و در یخ زدگی بعدی افزایش حجم آب یخ زده باعث ایجاد ترک در جسم بتن نمی گردد. همچنین مواد افزودنی هوازای بتن به قابلیت پمپاژ بتن کمک می کنند .

نکات مهم در استفاده از هوازا در بتن

افزایش مقدار شن و ماسه از 35٪ به 45٪ به طور معمول جم حباب هوا را تا 5٪ افزایش می دهد. افزایش مقدار سیمان 90 کیلوگرم بر متر مکعب به طور معمول میزان 1٪ حجم هوا را کاهش می دهد. افزایش نرمی سیمان نیز باعث کاهش حجم حباب های هوا می شود. مقدار مصرف برای مواد افزودنی هوازا معمولاً کمی کمتر از 0/6 میلی لیتر در هر 1 کیلوگرم سیمان است و بنابراین یافتن دوز دقیق آن برای هر مخلوط بتن ضروری است. مقادیر حباب هوا باید به طور مکرر با استفاده از روش Air-Content مشخص شده در استاندارد ها، اندازه گیری شود. افزایش دما باعث کاهش حجم حباب هوا می شود. افزایش درجه حرارت از 10 تا 32 درجه سانتی گراد ممکن است میزان هوای ورودی را نصف کند اما نوسانات دمایی روز به روز مشکل قابل توجهی ایجاد نمی کند. اثر مدت زمان مخلوط کردن بتن بر مقدار هوای وارد شده به نوع ، بارگیری و وضعیت میکسر مرتبط است. به طور کلی ، حجم حباب های هوا با زمان اختلاط تا حدود دو دقیقه در میکسرهای ثابت و در میکسرهای حمل و نقل تا حدود 15 دقیقه افزایش می یابد. پس از آن ، احتمالاً برای مدت زمان قابل توجهی ثابت می ماند. مدت زمان اختلاط زیاد ممکن است

حجم حباب های هوا در مخلوط بتن را کاهش دهد. در هنگام حمل و نقل مخلوط بتن تا 0.5٪ هوا را از دست می دهد، اگرچه این از دست دادن به شکل حباب های بزرگتر و کم اثر تر است.

افزودنیهای کنترل کننده ی گیرش بتن

از مواد افزودنی کنترل کننده ی گیرش در بتن هایی که به غیر از دمای مطلوب 5 تا 40 درجه سانتیگراد اجرا و بتن ریزی می شوند، استفاده می گردد. مواد افزودنی کنترل کننده گیرش بتن و میزان هیدراتاسیون سیمان، زمان setting (سفت شدن) خمیرسیمان را تغییر می دهند. همچنین می توانند به طور اتفاقی بر سخت شدن یا افزایش مقاومت فشاری بتن پس از سخت شدن تأثیر بگذارند. افزودنیهای کنترل کننده ی گیرش بتن مجموعه ای شامل ترکیبات زود گیر کننده و کسب مقاومت سریع در بتن و کند گیر کننده های بتن هستند.

افزودنی زود گیرکننده بتن

ترکیبات تسریع کننده گیرش اولیه در بتن، مواد شیمیایی معدنی محلول در آب هستند که باعث افزایش سرعت واکنش بین سیمان و آب شده و در نتیجه ی این سرعت بخشیدن، کسب مقومت بتن را تسریع می کنند. شتاب دهنده های گیرش در بتن دارای خاصیت کاهش دهنده آب نیز هستند. ترکیبات شتاب دهنده را می توان با توجه به عملکرد و کاربرد آنها به گروههای مختلفی تقسیم کرد:

الف) ترکیبات شتاب دهنده گیرش بتن با قابلیت کنترل زمان گیرش، یعنی زمان گیرش مخلوط بتن از پلاستیک به حالت سخت شده را کاهش می دهند. آنها نیز می توانند به دو گروه تقسیم شوند:

زودگیر کننده بتن شاتکریت ، که باعث گیرش بسیار سریع مخلوط بتن (کمتر از 10 دقیقه) می شوند.

- زودگیر کننده های بتن ، که مطابق با استاندارد EN 934-2 باعث کاهش زمان تغییر فاز مخلوط بتن از حالت پلاستیک می شوند. حداقل 30 دقیقه در دمای 20 درجه سانتیگراد و یا در 40 دقیقه و دمای 5 درجه سانتیگراد به حالت سخت شده برسد.

ب) زودگیر کننده های سخت کننده و کسب مقاومت سریع که باعث افزایش استحکام در 24 ساعت حداقل 120٪ در 20 درجه سانتیگراد و در 5 درجه سانتیگراد حداقل 130٪ در 48 ساعت می شوند. زودگیر کننده های بتن با قابلیت کسب مقاومت سریع را در جایی استفاده می کنند که نیاز به برداشتن زود هنگام قالب یا دسترسی سریع به سطح بتن است. آنها غالباً در ترکیب با افزودنی های کاهنده آب بتن با دامنه بالا به ویژه در شرایط سرد استفاده می شوند. اثرات رشد گیرش اولیه در حین هیدراتاسیون سیمان با استفاده از زود گیر ها در شکل زیر آمده است.

شیوه عملکرد زودگیر کننده بتن

اکثر شتاب دهنده ها و زودگیرها بر اساس یکی از مواد شیمیایی زیر ساخته شده اند:

* کلرید کلسیم: استفاده از کلرید کلسیم به دلیل تأثیر بالقوه اما اثبات شده آن بر خوردگی شبکه میلگرد و تاثیر بر دوام بتن در اثر حملات کلرایدی در بسیاری از کشورها و استاندارد ها محدود یا ممنوع شده است.(نکته قابل توجه اینکه حتی در استاندارد C ASTM 494وجود کلر در مخلوط بتن تا 0/6 درصد وزن بتن را مجاز می شمرد).

* فرمت کلسیم: فرمت کلسیم برای بدست آوردن خواص بیشتر گاهی با نیتریت سدیم یا مواد دیگر مخلوط می شود.

دوز مصرفی زود گیر کننده های بتن به طور معمول 0.5-2.0 درصد وزن سیمان است. به نظر می رسد مکانیسم و نحوه عملکرد زود گیر کننده های بتن بر پایه افزایش سرعت در تشکیل کانی های بلوری اترینگات حاصل از واکنش سیمان هیدراته باشد.(Ettringiteاین کانی فراوان‌ترین عضو گروه اترینگایت در طبیعت است و در سفید کردن کاغذ کاربرد دارد و به دلیل اینکه در اواخر قرن نونزدهم در حوالی شهری به نام اترینگن آلمان کشف گردید به این نام شناخته می شود. نام علمی این کانی هگزاکلسیم آلومینات تری‌سولفات هیدرات است) . زود گیر کننده های معدنی ، میزان انحلال سیلیکات تری کلسیم را افزایش داده و منجر به افزایش مولوکول های هیدرات سیلیکات کلسیم CSH در سنین پایین بتن می شود. زودگیر کننده های بتن با قابلیت

کسب مقاومت سریع وقتی به همراه یک ابر روان کننده ی کاهنده آب در بتن مصرف می شوند، فاصله بین درات سیمان را کاهش داده به طوری که برای مقدار معینی از محصول هیدراتاسیون CSH ، بین ذرات سیمان تشکیل شده و قرار بگیرند و به این ترتیب کسب استحکام در بتن را تسریع می کنند.

مزایای استفاده از زودگیر کننده بتن

- اتمام زود هنگام بتن ریزی و عمل آوری بتن در سطوح پر ترافیک.
- کاهش فشار هیدرولیک و هیدرواستاتیک بر روی قالب ها در بتن ریزی های حجیم.
- کاهش نشت شیرابه ی بتن از درز قالب و کاهش احتمال تخلخل و پوکی بتن.
- کاهش آب انداختگی در بتن و جداشدگی مصالح و افزایش تراکم بتن.
- کوتاه شدن دوره تعمیرات سازه بتنی و تسریع در روند بهره برداری و بازگشت به سرویس.
- جبران جزئی یا کلی اثرات درجه حرارت پایین در افزایش مقاومت فشاری بتن.
- محافظت در برابر یخ زدگی در بتن ریزی در هوای سرد.
- امکان آزاد سازی سریعتر قالب در بتن پیش ساخته و در نتیجه تولید بیشتر محصولات.
-حذف کیورینگ های طولانی مدت بوسیله آب خصوصا در جاهایی که تهیه و حمل آب هزینه بر است و کاهش اثرات جمع شدگی بتن.

در شکل زیر ارتباط استفاده از افزودنی زودگیر کننده با قابلیت کسب مقاومت سریع را با مقاومت فشاری بتن، نشان داده شده است.

نکات قابل توجه در هنگام استفاده از زود گیر کننده های بتن

استفاده ی بیش از حد از این افزودنی شیمیایی ممکن است در فرآیند حرارت زای هیدراتاسیون اختلالاتی ایجاد کرده و با افزایش گرما امکان ترک خوردن و جمع شدگی بتن پیش آید. به طور خاص افزودنی زودگیر حاوی کلرید کلسیم باید در هوای گرم با احتیاط مورد استفاده قرار گیرد. همچنین همانطور که پیشتر ذکر شد،کلرید کلسیم یا مواد افزودنی بتن حاوی کلر در بتن مسلح امکان خوردگی شبکه میلگرد را فراهم می کند.کلرید کلسیم به عنوان محلول یا به صورت بلور وجود دارد و در مورد حالت متبلور لازم است قبل از افزودن به مخلوط بتن کاملاً در آب حل شود. فرمت کلسیم نیز ممکن است به شکل پودر تهیه شود و در چنین مواردی باید قبل از مخلوط شدن به مصالح خشک اضافه شود. استفاده از مواد افزودنی مایع معمولاً آسان تر هستند.

مواد افزودنی دیر گیر کننده بتن یا Concrete Retarder

وقتی نیاز به تاخیر در گیرش اولیه بتن وجود دارد از دیرگیر کننده بتن استفاده می شود. این افزودنی روند هیدراتاسیون را به تأخیر می اندازد اما بر روند نهایی کسب مقاومت تأثیر نمی گذارد. زمان سخت شدن اولیه می تواند بیش از 3 ساعت به تأخیر بیفتد. کاربرد اصلی این افزودنی در کنترل زمان هیدراتاسیون و جلوگیری از ایجاد ترک سرد و درز انقطاع در هنگام بتن ریزی است. مقدار مصرف به طور معمول تا 6 درصد وزن سیمان مصرفی است اما اگر به همراه یک روان کننده بتن یا ابر روان کننده با خواص پراکندگی استفاده شود همان میزان مصرف افزودنی روانساز در بتن کافی است. شکل زیر تاثیر کندگیر کننده های بتن در حین هیدراتاسیون را نشان می دهد.

ترکیبات و نحوه عملکرد دیرگیر کننده بتن

ترکیبات دیرگیر کننده بتن عمدتا در بین ترکیبات آلی یافت می شوند ، اما مواد شیمیایی معدنی ممکن است به عنوان بازدارنده نیز عمل کنند. مواد شیمیایی آلی، لیگنوسولفونات، اسید هیدروکسی کربوکسیلیک و نمکهای آنها، فسفونات، قند (ساکارید) و شکر معمولی، مواد شیمیایی معدنی، فسفات، بوراتس، بورات وSb Lignosulphonates که معمولاً به عنوان کاهنده آب هم مورد استفاده قرار می گیرند، دارای اثرات مهار ثانویه هستند. در حالی که اسیدهای هیدروکسی کربوکسیلیک و نمکهای آنها و کندگیر کننده های متداول دارای تأثیرات ثانویه کاهش آب هستند. در بین مواد ذکر شده ، تنها «فسفات ها» بصورت تجاری مورد استفاده

قرار می گیرند. سایر ترکیبات معدنی به ندرت استفاده می شوند زیرا نسبتاً گران هستند و در برخی از آنها اثرات سم شناسی گزارش شده است. احتمالاً، اثر کند گیری بتن درنمکهای فلزات سنگین نیز به شدت قلیایی بودن سیمان بستگی دارد، یعنی توانایی این کاتیونهای فلزی برای رسوب دادن به میزان تولید هیدروکسید ها بستگی دارد. در مکانیسم دیر گیر کننده های بتن، مواد افزودنی پس از پراکندگی در آب، بر روی سطح ذرات سیمان جذب شده تا خواص تغییر یافته ی فیلم سیمان سرعت نفوذ آب را کند کند و ماده شیمیایی موجود در محلول باعث افزایش رشد محصولات هیدراتاسیون شود.روش های عملکرد مختلف کندگیر کننده های بتن در تماس با ذرات سیمان در جدول زیر آمده است.

فعل و انفعال و اثر متقابل	نحوه عملکرد
جذب سطحی Adsorption	آنیون ها و یا مولکول های بزرگ بر روی سطح ذرات سیمان جذب می شوند که این امر مانع واکنش های بیشتر بین سیمان و آب می شود.
واکنش رسوب یا ته نشینی Precipitation	این ترکیب با یک یا چند مؤلفه سیمان واکنش نشان می دهد تا رسوبی روی ذرات سیمان بگذارد و یک پوشش با نفوذپذیری کم را روی ذرات سیمان به وجود آورد.
هم ترکیبی یا همتافتیComplexation گروهی از ترکیب‌های شیمیایی که در آنها بخشی از پیوند مولکولی از نوع اشتراکی یک سویه است	این ترکیب باعث ایجاد مجتمع هایی از ملکول Ca2 می شود که توسط هیدراتاسیون آزاد شده و بدین ترتیب غلاف هیدراتاسیون اولیه که دانه های سیمان را احاطه می کند ، تقویت می شود.
هسته زائی یاnucleation تشکیل هسته بلوری جدید در محلول اَبراشباع‌شده در طی فرایند تبلور	محلول های Ca (OH) 2 و CASH هسته تشکیل داده و امکان پیوند در بین محصولات هیدراته را مهار می کنند.

تاثیر دمای هوا و نوع افزودنی کند گیر کننده در میزان تاخیر سخت شدن اولیه بتن

شرح	تاخیر در گیرش اولیه بر حسب ساعت و دقیقه در دمای		
	30درجه سانتیگراد	40درجه سانتیگراد	50درجه سانتیگراد
اسید هیدوکسیلHydroxylic acid	نزدیک به 5 ساعت	1ساعت و پانزده دقیقه	1ساعت و ده دقیقه
لیگنینLignin یک پلیمر پیچیده ی ساخته شده از واحدهای مولکولی فنیل پروپان است که بعد از سلولز در گیاهان به وفور یافت می شود	2ساعت و بیست دقیقه	چهل دقیقه	پنجاه و پنج دقیقه
لیگنو سولفونات	3ساعت و چهل دقیقه	1ساعت و ده دقیقه	1ساعت و نیم
مواد پایه فسفات	-	3ساعت و بیست دقیقه	2ساعت و نیم

مزایای استفاده از دیر گیر کننده بتن

- جبران تأثیر تسریع در هیدراتاسیون در دمای بالای محیط (بتن ریزی در هوای گرم)
- حفظ کارایی و روانی بتن در پروسه ی حمل و انتقال بتن.
- تسهیل در بتن ریزی های طولانی مدت چه به لحاظ پیچیدگی اجرا و چه از نظر حجم بتن ریزی و کاهش درزها و ترک های ناشی از قطع بتن خصوصا در سازه های آبی که آببندی و نفوذ ناپذیری بتن در آنها اهمیت دارد.
- کاهش ترک ناشی از حرارت بالای هیدراتاسیون سیمان در بتن.

نکات قابل توجه در زمان استفاده از دیرگیر کننده بتن

مصرف بیش از حد کندگیر های بتن باعث افت مقاومت در بتن می شود. البته با نگهداری و تثبیت وضعیت قالب ها و طولانی کردن مدت زمان کیورینگ می توان امید داشت، مقاومت بتن در مدت زمان بیشتری به وضعیت مورد انتظار نزدیک شود که مستلزم تاخیر در پیشرفت پروژه خواهد بود.

افزودنی ها و ترکیبات شیمیایی برای بتن های خاص

در جدول زیر انواع افزودنی ها و نوع عملکرد و ترکیبات آن برای مصارف خاص و توانمندی های مضاعف بتن آمده است

نوع افزودنی	نحوه عملکرد	نوع مواد و اجزاء اصلی
نگهدارنده ها و تنظیم کننده های حجم حباب هوا	حجم حباب هوا در مخلوط بتن را کاهش می دهند	تریبوتیل فسفات ، دیبوتیل فتالات ، اکتیل الکل ، استرهای محلول در آب اسید کربنیک و بوریک. سیلیکون
مهارکننده های واکنشهای قلیایی	گسترش واکنش قلیایی در بتن را کاهش می دهند	کربنات لیتیوم ، لیتیوم هیدروکسید
ترکیبات ضد آب و انعطاف پذیر	بتن منسجم برای قرارگیری در زیر آب	سلولز ، پلیمر اکریلیک
ترکیبات چسبنده	چسبندگی ذرات بتن را افزایش می دهند	پلی وینیل کلرید ، پلی وینیل استات ، اکریلیک، کوپلیمرهای بوتادین-استایرن
ترکیبات رنگ آمیزی	بتن را رنگی می کند	کربن سیاه تغییر یافته ، اکسید آهن ، فتالوسیانین ، اومبر، اکسید کروم ، اکسید تیتانیوم ، کبالت آبی
مهار کننده های خوردگی	امکان خوردگی فولاد در بتن مسلح را در محیط کلرایدی کاهش می دهد	نیترات کلسیم ، نیتریت سدیم ، بنزوات سدیم ، برخی فسفاتها یا فلوسیلات ، فلوروآلومینات ، استر آمینها
مواد افزودنی آب بند	نفوذ رطوبت را در بتن محدود می کند	صابون های کلسیم یا آمونیوم استارات یا استئارات بیوتیل فرآورده های نفتی
افزودنی های کف زا	فوم بتن و بتن سبک با چگالی کم تولید می کند	سورفاکتانتهای کاتیونی و آنیونی پروتئین هیدرولیز شده
قارچ کش ها ، میکروب کش ها	مهار یا مهار رشد باکتری و قارچ	امولسیون های فنلهای پلی هالوژنه شده دی الدرین ترکیبات مس

نوع افزودنی	نحوه عملکرد	نوع مواد و اجزاء اصلی
افزودنی سازنده گاز	پیش از سخت شدن بتن باعث انبساط حجمی آن می شوند	پودر آلومنیم
ترکیبات گروت ریزی	خصوصیات گروت را برای مصارف خاص تنظیم می کنند	به افزودنی های گیرنده هوا ، شتاب دهنده ها ، بازدارنده ها و گیربکس های آب مراجعه کنید
ترکیبات کنترل هیدراتاسیون	مقادیر هیدراتاسیون سیمان را با تثبیت کننده و فعال کننده کنترل می کنند	اسیدهای کربوکسیلیک اسیدهای آلی حاوی فسفر
گیرنده های نفوذپذیری	کاهش نفوذ پذیری در بتن	لاتکس ، کلسیم استارات
افزودنی های مربوط به پمپاژ	قابلیت پمپاژ بتن را بهبود می بخشد	پلیمرهای آلی و مصنوعی،فلوکولنتهای آلی، امولسیون های آلی پارافین ، ذغال سنگ، آکریلیک بنتونیت و سیلیس پیروژنیک و آهک هیدراته
کاهنده جمع شدگی	انقباض و شیرینکیج را در بتن کاهش می دهد	پروپیلن گلیکول پلی اتیل آلکیل آلتر اتیل

انبارش و ذخیره مواد افزودنی شیمیایی بتن

مواد افزودنی مایع را می توان در بشکه ها یا تانکرها ذخیره کرد. مواد افزودنی پودری را می توان در سطل های مخصوص ذخیره سازی قرار داد و یا در کیسه های پلاستیکی آب بند توزین شده بسته بندی نمود. برخی از مواد افزودنی که در اتو میکسر ها یا تراک میکسر ها به مخلوط بتن افزوده می شوند در کیسه ها یا ظروفی بسته بندی می شوند که قابلیت انحلال در میکسر را دارند. به این نحو محاسبه ی دوز دقیق مصرف امکان پذیر است. کارخانه جات تولید کننده مواد افزودنی بتن استاندارد موظف هستند نوع محصول، وزن خالص، میزان دقیق مصرف، خلاصه ای از نحوه استفاده و تاریخ تولید و انقضاءو هشدارهای ایمنی از جمله وضعیت اشتعال یا آلودگی های زیست محیطی را در برچسب و اتیکت محصول درج نمایند. همچنین اکثر این محصولات نسبت به تابش مستقیم خورشید، یخ زدگی و رطوبت حساس بوده و لذا باید در محیط مناسب انبار شوند.شکل زیر خروجی یک بچ تولید پیش از فیلینگ و بسته بندی مواد افزودنی شیمیایی بتن را در کارخانه تولید کننده ی این مواد نشان می دهد.

ضمنا ارتقا دانش کارشناسان با مصالح ، روش ها و ابتکارات لازم برای آب بندی سازه های بتنی مستقیما از اتلاف سرمایه های مالی و انسانی و وقت و انرژی جلوگیری کرده و گام مهمی برای رسیدن به بهره وری بیشتر و توسعه پایدار می باشد.

مقاله شناخت افزودنی های شیمیایی بتن توسط دکتر وحیدرضا مهتدی ، دکتر علیرضا مهتدی و به همراهی دپارتمان آموزش کلینیک بتن ایران(مهندسین مشاور اثر مهرازان پایدار) تدوین شده است .جهت ارتباط بیشتر با مجموعه کلینیک بتن ایران می توانید از طریق وب سایت رسمی کلینیک بتن ایران به نشانی WWW.CLINICBETON.IR یا با شماره 02145872 در تماس باشید .

کلیه حقوق مادی و معنوی این وب سایت و مطالب و مقالات آن متعلق به کلینیک بتن ایران(مهندسین مشاور اثر مهرازان پایدار) بوده و هرگونه استفاده اقتصادی به هر عنوان ممنوع و استفاده از متن یا مضمون آن تنها با ذکر منبع و درج وب سایت مجاز می باشد.

افزودنی های پایاگرها و آب بند کننده های بتن

چنین انگاشته می شود که سازه های بتن مسلحی که به خوبی طراحی و اجرا می شوند در طول عمر مفید خود در برابر خسارت ها و آسیب های ناشی از بارهای وارده و عوامل محیطی تا حدود زیادی مقاوم و پایا هستند، ولی همواره باید به خاطر داشت که هر

سازه ای در دوره بهره برداری و عمر مفید خود در معرض عوامل آسیب رسانی است که می توانند سطح بهره برداری سازه را کاهش دهند و پایایی سازه را با مشکل روبرو کنند.**پایایی یا دوام بتن** ساخته شده با سیمان پرتلند (یا دیگر سیمان های هیدرولیکی) با توانایی آن برای مقابله با هوازدگی، یورش (حمله) شیمیایی، سایش یا هر روند خرابی زای (واپاشنده) دیگر تعریف می شود. انتظار آن است که یک بتن پایا و بادوام هنگامی که در معرض عوامل و شرایط محیطی قرار می گیرد در طول عمر مفید طراحی بتواند شکل و کیفیت اولیه خود را حفظ کند و بهره برداری آن مختل نشود. توجه به پایایی بتن سبب افزایش عمر مفید و بهره برداری سازه می شود و نه تنها اثرات اقتصادی چشم گیری دارد بلکه به دلیل اثرات مستقیمی که بر توسعه پایدار دارد از اهمیت فزاینده و روزافزونی برخوردار است. بنابراین هرگونه کوشش و تلاش برای بهبود پایایی بتن به خودی خود به افزایش بهره وری اقتصادی و حفظ محیط زیست می انجامد.گستردگی خاک و شرایط جغرافیایی کشور پهناور ایران و وجود آب های نمک دار از ارومیه تا کویر مرکزی و تا خلیج فارس و وجود رودخانه هایی که دیگر آبی در آنها جاری نیست و فقط نمک های ناشی از تبخیر آب در آنها خودنمایی می کند از یک سو و تفاوت شرایط آب و هوایی از شمال تا جنوب و از غرب تا شرق کشور از سوی دیگر، ایران را به منطقه ای مستعد برای آسیب و خرابی سازه های بتن مسلح تبدیل کرده است. مناطق صنعتی نیز با تولید گازهای آسیب رسان همواره پایاییی سازه های بتنی را تهدید می کنند. پس دور از انتظار نیست اگر بپذیریم که سازه های بتن مسلح در جای جای کشور ایران در خطر آسیب هایی مانند خوردگی میلگرد، فرسایش بتن، حمله یون های زیانبار، کربناتی شدن، یخبندان، تخریب های مکانیکی و فیزیکی و... قرار دارند. برای مقابله با این خطرات و تضمین پایایی سازه های بتنی دو شیوه اصلی 1) پیش گیری از خرابی و2) درمان خرابی وجود دارد. موضوع اصلی این بخش بر پیش گیری از خرابی و بهبود پایایی بتن استوار است.

در بخش های پیشین به افزودنی های شیمیایی پرداخته شد که استفاده از آنها به ارائه راهکارها و روش های **تولید و اجرای بتن** با کیفیت می انجامید. در این بخش به افزودنی های شیمیایی پرداخته می شود که کارکرد اصلی آنها حفاظت از سازه های بتنی و مقابله با آسیب های احتمالی به سازه های بتنی در دوره بهره برداری است.

دسته بندی

پایاگرها یا افزودنی های دوام بخش با کاستن از نفوذ (درون رفت) عوامل زیان آور، محافظت (پایش) میلگردها، یا کنترل واکنش های زیانبار، سبب بهبود پایایی بتن سخت شده می شوند. از شناخته شده ترین افزودنی های پایاگر می توان به بازدارنده های خوردگی، کاهنده های تکیدگی (جمع شدگی ناشی از خشک شدگی) و آب بند کننده ها (شامل کاهنده های تراوایی و نم بندها) اشاره کرد.بازدارنده خوردگی یک ماده شیمیایی است که به صورت مایع یا پودر به عنوان یک افزودنی به بتن افزوده و با آن مخلوط می شود و روند خوردگی میلگرد فولادی را به طور موثری کاهش می دهد یا شروع خوردگی را به تاخیر می اندازد. این گروه از بازدارنده های خوردگی نقش پیش گیرانه دارند. گروه دیگری از بازدارنده های خوردگی را می توان روی سطح بتن سخت شده اعمال کرد تا روند خوردگی را کُند کنند. گروه دوم بازدارنده های خوردگی نقش متوقف کننده ای برای خوردگی میلگرد دارند و شامل این نوشتار نمی شوند. کاهنده های تکیدگی افزودنی های شیمیایی هستند که با کاهش دادن کشش مویینگی آب منفذی سبب کاهش تکیدگی بتن سخت شده می شوند.**نکته** - یاد آوری می شود که برخلاف افزودنی های حجم زا که نقشی در کنترل تکیدگی ندارند، افزودنی های کاهنده تکیدگی به دلیل تاثیری که بر روند و سازوکار (مکانیزم) خشک شدگی دارند می توانند تکیدگی را تا حدود زیادی کنترل کنند.آب بند (آب پاد) کننده ها نواعی از **افزودنی های بتن** هستند که نفوذ (درون رفت) رطوبت به درون بتن و جذب مویینه آب در حفره های بتن سخت شده را کاهش می دهند. این افزودنی ها نفوذ رطوبت به درون بتن سخت شده ای که در تماس کوتاه مدت یا متناوب با آب (مانند باران) قرار دارد را به تاخیر می اندازند. افزودنی های آب بند کننده بسته به اینکه آب نفوذکننده (درون رونده) دارای فشار هیدروستاتیکی باشد یا نباشد، به دو گروه کاهنده های تراوایی و نم بندها تقسیم می شوند. تراوایی (یا گذرپذیری) بتن فرآیندی است که در آن یک سیال (مایه یا گاز) تحت فشار وارده، در منافذ و ترک های بتن جابجا می شود.

نکته - اگر چه افزودنی های آب بند کننده آهنگ و نرخ درون رفت (نفوذ) آب و مواد شیمیایی را به درون بتن کُند می کنند ولی

در نهایت مانع نفوذ کامل آنها نمی شوند.
نکته- اصطلاح آب بند بودن یا آب بندی به معنی عدم نفوذ آب به بتن خشک یا متوقف شدن جابجایی آب در بتن غیر اشباع است و از آنجا که هیچ افزودنی نمی تواند چنین اثری داشته باشد بهتر است که از این اصطلاح در مورد بتن استفاده نشود.
مکانیزم عملکرد و مواد تشکیل دهنده افزودنی های پایاگر
پایاگرها از نوع افزودنی های با عملکرد فیزیکی شیمیایی هستند. این افزودنی ها اگر چه در فرآیند واکنش شیمیایی آب گیری سیمان دخالتی ندارند ولی با وارد کردن مواد شیمیایی ویزه به درون بتن، برخی از
واکنش های شیمیایی یا رفتارهای فیزیکی بتن سخت شده را در آینده کنترل می کنند.

1-بازدارنده خوردگی

محیط قلیایی بتن لایه انفعالی (نگه واری) بر روی سطح میلگردها پدید می آورد که از آنها در برابر خوردگی و زنگ زدگی محافظت می کند. به هر دلیلی که این لایه نگه وار آسیب ببیند و چنانچه رطوبت و اکسیژن به اندازه کافی در دسترس باشد، میلگرد دچار خوردگی خواهد شد. برای درک چگونگی کارکرد افزودنی های بازدارنده خوردگی، ابتدا باید درک روشنی از سازوکار (مکانیزم) خوردگی میلگرد داشته باشیم. در این بخش، این سازوکار و عوامل تاثیرگذار بر آن برای یادآوری و به اختصار بیان می شود.فرآیند خوردگی یک فرآیند الکتروشیمیایی (یعنی واکنش شیمیایی همراه با جابجا شدن الکترون ها) است که در آن نواحی آندی و کاتدی بر روی میلگرد فولادی تشکیل می شوند. در ناحیه آندی فلز آهن با از دست دادن الکترون، اکسیده می شود و به یون آهن (Fe^{++}) تبدیل می شود. الکترون های آزاد شده در ناحیه آندی از درون میلگرد به سوی ناحیه کاتدی حرکت می کنند و در ناحیه کاتدی با احیای (کاهیدن) اکسیژن، یون هیدروکسیل (OH^-) پدید می آورند. علاوه بر جابجایی (جریان) الکترون ها در درون میلگرد، یک جریان یونی نیز در بیرون میلگرد و درون الکترولیت (آب منفذی بتن) پیرامون میلگرد رخ می دهد که در آن یون های آهن از ناحیه آندی به سوی ناحیه کاتدی حرکت می کنند. یون های هیدروکسیل نیز از ناحیه کاتدی به سمت ناحیه آندی جابجا و در نزدیکی ناحیه آندی با یون های آهن ترکیب می شوند و هیدروکسید آهن پدید می آورند. هیدروکسید آهن با اکسیژن و آب ترکیب و با اکسیده شن (اکسایش) بعدی به زنگ آهن تبدیل می شود. تا زمانی که نواحی آندی و کاتدی از نظر الکتریکی به یکدیگر متصل و در یک محلول الکترولیت قرار داشته باشند، در پیرامون ناحیه آندی خوردگی رخ می دهد و چنانچه عامل بازدارنده ای رخ ندهد، خوردگی تا تخریب کامل ناحیه آندی پیش خواهد رفت. رابطه روند و پیشرفت خوردگی با عمر مفید طراحی سازه در شکل 2 نشان داده شده است. افزودنی های بازدارنده خوردگی به دو شیوه متفاوت عمل می کنند. این افزودنی ها می توانند زمان آغاز و شروع خوردگی را به تاخیر اندازند یا پس از آسیب دیدن لایه انفعالی (نگه وار) می توانند روند خوردگی را کُند کنند. پیامد ناشی از خوردگی میلگرد فولادی به دو صورت نمایان می شود. اول آنکه محصولات خوردگی حجمی چندین برابر زیادتر از حجم اولیه فولاد را اشغال می کنند و بنابراین تشکیل آنها منجر به ایجاد ترک های موازی با میلگردها، قلوه کن شدن، یا لایه کن شدن بتن می شود. دوم آنکه با پیشرفت خوردگی در آند، مساحت سطح مقطع فولاد کاهش می یابد و از ظرفیت باربری آن کاسته می شود. افزودنی های بازدارنده خوردگی برپایه چگونگی کارکرد و سازوکار (مکانیزم) عملکردشان به سه دسته 1) بازدارنده های جذب شونده (به سطح میلگرد)، 2) بازدارنده های لایه ساز، و 3) منفعل کننده ها (نگه وارها) تقسیم می شوند.

الف- بازدارنده جذب شونده

بازدارنده های جذب شونده با متوقف کردن، کندکردن، یا با تغییر دادن واکنش های شیمیایی در آند یا کاند یا هر دو (باز دارنده ترکیبی یا دوکاره) سبب کنترل فرآیند خوردگی می شوند. از این رو می توان این دسته از بازدارنده ها را برپایه ناحیه عملکرد و تاثیرگذاری به سه گروه بازدارنده های آندی، کاتدی، و دو جانبه (دوکاره) تقسیم کرد. بازدارنده های آندی مانند نیتریت ها، کرومات ها و مولیبیدات ها لایه انفعالی (نگه وار) روی میلگرد فولادی را (که ممکن است در اثر وجود یون های کلر آسیب ببینند) تقویت می کنند. چگونگی کارکرد این بازدارنده ها در برگیرنده یک واکنش اکسیداسیون – احیاء (اکسایشی – کاهیدنی) است که در آن یون های کلر و نیتریت در یک واکنش رقابتی شرکت می کنند. در این واکنش رقابتی طبق واکنش زیر، بازدارنده نیتریتی

احیاء (کاهیده) و فولاد اکسیده می شود و اکسید آهن پدید می آورد.

$$Fe^{++} + 2OH^- + 2NO_2^- \qquad 2NO + Fe_2O_3 + H_2O_2$$

کاهیدن (احیاء) واکنش شیمیایی است که در آن یک عنصر با به دست آوردن الکترون، ظرفیت مثبتش کاهش می یابد.
اکسیداسیون (اکسایش) واکنش شیمیایی است که در آن یک ترتیب یا رادیکال با از دست دادن الکترون، ظرفیت مثبتش افزایش می یابد (واکنش شیمیایی که مقدار اکسیژن ترکیب را افزایش می دهد نیز اکسیداسیون نامیده می شود). بازدارنده های کاتدی که در برگیرنده (شامل) بازها و مواد قلیایی کننده مانند $NaOH$, Na_2CO_3, NH_4OH و برخی از ترکیبات دارای آتیلین هستند با افزودن pH محیط که منجر به کاهش انحلال پذیری یون آهن می شود، به طور غیر مستقیم روند واکنش کاتدی (که خود وابسته به میزان و چگونگی انحلال آهن در آند است) را کاهش می دهند. چسبندگی محصولات حاصل از واکنش بازدارنده های کاتدی به سطح فلز ضعیف تر از محصولات واکنش بازدارنده های آندی است. بازدارنده های ترکیبی یا دوکاره به طور همزمان برفرآیند و واکنش های شیمایی در آند و کاتد تاثیر می گذارند. بازدارنده های ترکیبی به دلیل اثر همه جانبه ای که دارند می توانند هم خوردگی ناشی از حمله (یورش) یون کلر و هم خوردگی معمولی (تشکیل ریزپیل ها بر سطح فلز) را کنترل کنند و از این رو از مقبولیت بیشتری برخوردارند. بازدارنده های ترکیبی دارای کولکول هایی هستند که پراکندگی و چگالش الکترون های آنها به گونه ای است که هم به ناحیه آندی و هم به ناحیه کاتدی می چسبند. این بازدارنده ها از مولکول های آزوماتیک یا اُلفینی تشکیل می شوند که دارای هر دو گروه عاملی پروتون ساز و الکترون پذیر هستند. گروه عاملی یا عاملیت، اتم یا دسته ای از اتم ها است که به طور واحد عمل می کنند و جانشین اتم هیدروژن در مولکول هیدروکربن می شوند و حضور آنها ویژگی های مشخصی به این مولکول می بخشد. نکته - بازدارنده های برپایه فسفات از نوع بازدارنده های آندی هستند که عملکرد کاتدی محدودی نیز دارند. عملکرد کاتدی آنها به دلیل کاهش تراوایی و کاهش نفوذ یون کلر به درون بتن است و با سازوکار (مکانیزم) بازدارنده های کاتدی تفاوت دارد.

ب- بازدارنده های لایه ساز

بازدارنده های لایه ساز از مواد آلی پایه آبی مانند آمین ها، استرها، آلکیل سیلان ها و آلکانول آمین ها و نمک های آنها تشکیل می شوند. پس از مخلوط شدن این افزودنی ها با بتن تازه مولکول های آنها به تدریج جذب سطح میلگردها می شوند و یک پوشش محافظ بر روی سطح میلگردها پدید می آورند که از دسترسی یون کلر و رطوبت به میلگرد جلوگیری می کند. بازدارنده های خوردگی بر پایه آمینوالکل، سطح فلز ا با لایه ای تک مولکولی می پوشانند که یون کلر را به دور از فلز مدفون نگه می دارد. این مواد همچنین از واکنش اکسیژن و آب در ناحیه کاتدی جلوگیری می کنند. افزون بر این، بازدارنده های لایه ساز عملکرد دیگری هم دارند و با پوشاندن جداره درونی منافذ و روزنه های بتن، نفوذ (درون رفت) یون کلر و رطوبت به درون بتن را محدود می کنند.

پ- بازدارنده های نگه وار (منفعل کننده)

بازدارنده های منفعل کننده به دلیل ویژگی اکسایندگی که دارند یون های آهن دو ظرفیتی فِرروس (Fe^{2+}) را اکسیده و به یون های سه ظرفیتی فِریک (Fe^{3+}) تبدیل می کنند. اکسیدهای آهن حاصل از یون فِریک از انحلال پذیری کمتری برخوردارند و به پایداری لایه انفعالی (نگه وار) کمک می کنند.

2- کاهنده های تکیدگی

همچنان که در فصل ششم گفته شد زمانی که بتن سخت شده آب آزاد و بخشی از آب منفذی خود را به دلیل خشک شدن از دست می دهد، با کم شدن آب درون حفره های مویینه یک پوسته هلالی و مقعر در فصل مشترک آب و هوا تشکیل می شود.
از آنجا که کشش سطحی آب بسیار زیاد است، در محل شکا گیری این پوسته هلالی تنش زیادی به دیواره و جداره درونی حفره ها وارد می شود. برآیند این تنش ها به شکل نیروی به درون کشنده ای نمایان می شود که دیواره و جداره منفذ را به داخل می کشد و حجم منفذ را کاهش می دهد و به تکیدگی (جمع شدگی ناشی از خشک شدن) خمیر سیمان پیرامون سنگدانه ها می انجامد و کاهش کلی حجم بتن را به دنبال دارد.

افزودنی های کاهنده تکیدگی با دخالت شیمیایی در فصل مشترک آب و هوا سبب کاهش کشش سطحی آب می شوند و با کاهش نیروی به درون کشنده، کاهش تکیدگی را به دنبال دارند. این افزودنی های همراه با آب به بتن افزوده و همزمان با اختلاط در بتن پخش می شوند. پس از آنکه بتن سخت شد، افزودنی همچنان در ساختار حفره ای باقی می ماند و اثرات کشش سطحی آب را کاهش می دهد. این افزودنی ها ممکن است ریزساختار سیمان هیدراته را هم به گونه ای تغییر دهند که افزایش پایداری مکانیکی منافذ و حفرات را به دنبال داشته باشد. افزودنی های کاهنده تکیدگی از مشتقات گلیکول اِتر ساخته می شوند یا آمیزه ای از مشتقات پروپیلن گلیکول هستند. این افزودنی ها معمولاً مایعات آلی و 100٪ فعال هستند و در آب حل می شوند.

نکته- افزودنی های کاهنده تکیدگی به گونه ای شیمیایی مکانیزم تکیدگی را تغییر می دهند بدون آنکه انبساطی پدید آورند و نباید با جبران کننده های تکیدگی یکی شمرده شوند.

3- آب بند کننده ها (کاهنده های تراوایی)

درون رفت (نفوذ) آب و مواد شیمیایی همراه با آن به درون بتن دلیل اصلی بسیاری از سازوکارهای ویران گر (مخرب) است که به بتن آسیب می رسانند. آب از شبکه حفره ها و منافذ مویینه ای که در حین آبگیری سیمان شکل می گیرند یا از طریق رخنه ها و ترک ها به درون بتن راه می یابد. به طور کلی می توان اینگونه انگاشت که مواد زیانبار و یون ها یا همراه با آب (انتقال یون توسط آب) یا درون آب (حرکت یون در بتن اشباع) به درون بتن راه می یابند و در بتن جابجا می شوند.

افزودنی های آب بند کننده با اثرگذاری برساختار مویینه خمیر سیمان سبب کاهش جذب آب و تراوایی (گذرپذیری) بتن می شوند و به یکی از شیوه های زیر عمل می کنند.

- کاهش پیوستگی ساختاری بین حفره های مویینه و کاستن از اندازه و تعداد (شمار) آنها
- انسداد و بستن مسیر در ساختار حفره های مویینه
- پوشاندن جداره حفره های مویینه با مواد آب گریز که از درون کشیده شدن آب در اثر مکش مویینه یا جذب جلوگیری می کنند.

با به کارگیری یک افزودنی کاهنده آب و با کم کردن مقدار آب آزاد مخلوط در بتن تازه می توان از اندازه و پیوستگی حفره های مویینه کاست. هرگونه کوشش و عملیات اجرایی مانند عمل آوری مناسب بتن که به روند آب گیری سیمان کمک کند نیز به ناپیوستگی حفره های مویینه و کاهش اندازه آنها کمک می کند.**نکته** - یادآوری می شود که کاستن اندازه مویینگی به تنهایی الزاماً درون کشی و جذب آب از سطح بتن را کاهش نمی دهد و حتی در مواردی به دلیل کوچک تر شدن قطر منافذ و حفره ها، ممکن است مکش مویینه را نیز افزایش دهد. از سوی دیگر، هر چقدر که حفره های مویینه ناپیوسته تر باشند تراوایی (گذرپذیری) بتن کاهش می یابد.با استفاده از افزونه های بسیار ریز واکنشگر یا ناواکنشگر و افزودن آنها به مخلوط بتن می توان به انسداد و بستن مسیر منافذ مویینه در خمیر سیمان کمک کرد. افزودنی های کاهنده تراوایی (گذر پذیری) از سازوکار انسداد منافذ بهره می گیرند که در برابر فشار هیدروستاتیکی نیز پایدار است. مواد تشکیل دهنده افزودنی های کاهنده تراوایی به دو گروه تقسیم می شوند. گروه اول دربرگیرنده مواد شیمیایی بلورشونده آب دوستی هستند که در اثر واکنش با سیمان و آب رشد می کنند و با انباشته شدن در منافذ سبب انسداد آنها می شوند. پوزولان ها (به ویژه دوده سیلیسی) و برخی از سیلیکات ها جزو این گروه به شمار می آیند. گروه دوم دربرگیرنده گلبول های پلیمری هستند که در اثر فشار هیدروستاتیکی آب فشرده می شوند و مسیر منافذ را می بندند. امولسیون پلیمرهای آلی که اندازه ذرات آنها حدود 0/1 میکرون و به اندازه کافی کوچک باشند که بتوانند در مراحل اولیه آبگیری سیمان در منافذ قرار گیرند و آنها را ببندند، در گروه دوم افزودنی های کاهنده های تراوایی جای می گیرند.

نکته - در مورد افزودنی های کاهنده تراوایی از نوع بلور شونده، افزودنی ممکن است با آبی که از ترک ها و رخنه های بتن سخت شده به درون بتن راه می یابد واکنش کند (نشان دهد) و با تولید انباشته جدید در ترک و رخنه به توانایی منفذبندی خودزای بتن کمک کند. مولکول آب یک مولکول قطبی است که تمایل دارد با مولکول مواد دیگر پیوند بین مولکولی ایجاد کند و به مولکول های سطح بچسبد. این پدیده به نام ویژگی – خیس کنندگی- آب شناخته می شود و سبب می شود آب روی سطح پخش شود.

چنانچه مولکول آب به هر دلیل (مانند وجود یک لایه دافع آب) نتواند به مولکول مواد دیگر بچسبد، تحت اثر ربایش بین مولکولی به سایر مولکول های آب می چسبد و در اثر کشش سطحی به شکل قطره ای تقریباً کروی روی سطح می ماند.
افزودنی های نم بند که مواد آب گریز هستند به گونه ای طراحی می شوند که در آب حل و مانند یک افزودنی به بتن افزوده شوند. گروه اول نم بندها مانند اسید استئاریک، اسید اولئیک و بوتیل استئارات با کلسیم موجود در سیمان واکنش می کنند و مواد نامحلولی پدید می آورند که به سطح درونی و جداره منافذ موبینه می چسبند. گروه دوم نم بندها مانند امولسیون پارافین با به هم پیوستن گلبول های پلیمری لایه ای دافع آب برسطح جداره منافذ پدید می آورند. پس از آنکه منفذ خشک شد لایه ای نازک از مواد آب گریز بر روی جداره داخلی منافذ و حفره های درونی بتن به جای می ماند و سطح را دافع آب می کند و از آنجا که سبب افزایش زاویه تماس آب با دیواره منافذ و کاهش مکش موبینه می شود از ورود دوباره آب به منافذ جلوگیری می کند. توانایی ایستادگی افزودنی های نم بند یا به بیان درست تر توانایی لایه دافع آب در جلوگیری از ورود آب به منفذ به ارتفاع آب (فشار هیدروستاتیکی)، کیفیت خود بتن و به کارآمد بودن افزودنی نم بند بستگی دارد.سومین گروه نم بندها ریزپودرهای چرب مانند تالک، کلسیم استئارات، آلومینیم استئارات، و بنتونیت هستند که به نام پرکننده ها و توپرکننده ها شناخته می شوند و جابجایی آب را در منافذ (البته نه به اندازه کاهنده های تراوایی) کاهش می دهند.نکته - افزودنی های هوازا می توانند به نم بند کردن بتن کمک کنند. مکانیزم ادعا شده برای این افزودنی ها آن است که حباب های هوا در مسیر لوله های موبینه قرار می گیرند و مانند یک مخزن فشار شکن عمل می کنند. آب پس از مکیده شدن در لوله های موبینه زمانی که به این حباب ها برسد در آنها جمع می شود و حرکت آن در ادامه مسیر متوقف می شود. اگرچه این مکانیزم می تواند درست به نظر آید ولی تضمین و الزامی برای پراکندگی پیش انگاشته برای حباب های هوا و قرارگیری حتمی آنها در مسیر لوله های موبینه وجود ندارد.
کاربرد پایاگرها افزایش عمر مفید سازه های بتنی با حفظ سطح بهره برداری طراحی است. افزودنی های پایاگر هزینه نگه داری سازه های بتن مسلح را به ویژه در شرایط بهره برداری نامساعد به طور چشم گیری کاهش می دهند.
باز دارنده های خوردگی با به تاخیر انداختن شروع خوردگی یا کند کردن روند خوردگی می توانند از سازه بتنی در برابر خوردگی حفاظت کنند. بازدارنده های خوردگی به ویژه برای پایش خوردگی در سازه هایی که در معرض حمله (یورش) یون کلر هستند مانند سازه های دریایی (ساحلی و فراساحلی) و نیز پل های بزرگراه ها (که در معرض نمک های یخ زدا قرار دارند) کارآمد هستند. در مواردی که ترک های ناشی از تکیدگی ممکن است پایایی سازه بتنی را به ویژه در شرایط محیطی نامساعد، به خطر اندازد می توان با استفاده از افزودنی های کاهنده تکیدگی احتمال پدید آمدن این ترک ها را کاهش داد. با استفاده از کاهنده های تکیدگی می توان فاصله ی بین درزها در کفسازی بتنی را افزایش داد و خطر تابیدگی در لبه های درز و کنج دال ها را به طور چشمگیری کاهش داد. یکی دیگر از کاربردهای مهم افزودنی های کاهنده تکیدگی در تعمیر و مقاوم سازی سازه های بتنی است. در تعمیر و مقاوم سازی، بتن قدیمی بخش عمده ای از تکیدگی خود را در طول زمان انجام داده است در حالیکه ملات یا بتن تعمیری پایه سیمانی تازه پتانسیل زیادی برای تکیدگی دارد. با استفاده از کاهنده های تکیدگی در ملات و بتن تعمیری می توان پتانسیل تکیدگی آنها را به نحو چشمگیری کاهش داد و احتمال ترک برداشتن ماده تعمیری یا جدا شدن آن از بتن زیرین را به حداقل رساند. کاهنده های تراوایی (گذرپذیری) برای محدود کردن گذر آب در سازه های بتنی که در تماس با آب دارای فشار هیدروستاتیکی هستند به کار می روند. این افزودنی ها بالاترین سطح آبن بندی را تامین می کنند و برای شرایط بهره برداری همواره خیس یا مستغرق به کار می روند. کاربرد عمومی آنها برای بتن های مصرفی در سازه های زیرزمینی، دیوارهای نگهبان، استخرها، تونل ها، و مخازن آب است.افزودنی های نم بند را نمی تواند در جاهایی که آب دارای فشار هیدروستاتیکی است به کار برد. بیشتر نم بندها دارای مواد شیمیایی دافع آب هستند که آب را پس می زنند و نفوذ آب به بتن را کاهش می دهند. در دیوارهای نما که در معرض باران قرار دارند یا در جاهایی که در معرض آب کم فشار هستند مانند دیوار و کف زیرزمین، یا در نهرها و کالورت ها که در معرض آب جاری غیر دائمی هستند می توان از افزودنی های نم بند استفاده کرد.
نکته -برخی از منفذبندها و روزنه بندها که برای بتن سخت شده به کار می روند نیز دارای عملکردی مشابه با افزودنی های آببند

کننده در جلوگیری و کاهش درون رفت آب و رطوبت به درون بتن سخت شده هستند. افزودنی های آب بند کننده را نباید با روزنه بندها یکی دانست.

نکته - استفاده از ملات سیمانی به همراه یک افزودنی آب پاد کننده به عنوان اندود عایق رطوبتی برای حمام، سرویس های بهداشتی، و پشت بام مجاز نیست زیرا ملات سیمانی پس از سخت شدن جسمی ترد و شکننده و بدون انعطاف است و نمی تواند نقش غشاء آب بند انعطاف پذیر را بازی کند هر چند که آب ناگذر باشد. در چنین مواردی چنانچه از ملات سیمانی اصلاح شده با لاتکس یا ملات سیمانی به همراه یک عامل مسلح کننده انعطاف پذیر (مانند الیاف) استفاده می شود، به کار بردن افزودنی های آببندکننده می تواند سودمند باشد.

تاثیر پایاگرها بر ویژگی های بتن تازه

برخی از بازدارنده های خوردگی مانند نیتریت ها اثر زودگیر دارند و باید همراه با یک افزودنی کندگیر کننده، به ویژه در هوای گرم، به کار روند. برخی دیگر از افزودنی های بازدارنده خوردگی مانند آمین ها اثر کندگیری دارند و لازم است که برای کنترل زمان گیرش به ویژه در هوای سرد، از یک افزودنی شتاب دهنده همراه با آنها استفاده شود. کاهنده های تکیدگی ممکن است اندکی تاثیر کندگیر کنندگی داشته باشند. این افزودنی ها ممکن است مقدار هوای بتن را اندکی کاهش دهند و چنانچه در بتن هوازایی شده به کار روند برای دستیابی به یک مقدار هوای مشخص باید مقدار مصرف افزودنی هوازا افزایش یابد. این افزودنی ها به شرط آنکه جایگزین بخشی از آب اختلاط شوند (یعنی معادل مقدار اضافه شونده آنها از آب اختلاط کاسته شود) تاثیری بر اسلامپ ندارند یا تاثیر اندکی دارند. افزودنی های کاهندگی تکیدگی عرض ترک های خمیری و نیز نشست خمیری ملات تازه را کاهش می دهند. این افزودنی ها با کاهش کشش سطحی مایع منفذی سه سودمندی: 1) کاستن از روند تبخیر،2) کاهش مقدار نشست، 3) کاستن از تنش های حاصل در سطح ملات تازه، را در پی دارند. هر یک از این سودمندی ها پتانسیل و احتمال پدید آمدن ترک های جمع شدگی خمیری را کاهش می دهد.برخی از نم بندها که بر پایه امولسیون پلیمرها (به ویژه پارافین) هستند ممکن است بسته به نوع امولسیفایر مصرفی، اندکی سبب افزایش مقدار هئا در بتن تازه شوند. نم بندهای برپایه پارافین امولسیونی می توانند مقدار و آهنگ آب انداختن بتن را کاهش دهند.

تاثیر پایاگرها بر ویژگی های بتن سخت شده

برخی از کاهنده های تکیدگی در مقادیر مصرف زیاد ممکن است سبب کاهش مقاومت بتن شوند.

کاهنده های تکیدگی از تابیدگی دال های بتنی به نحو چشم گیری می کاهند. بیشتر افزودنی های آب بند کننده سبب اندکی کاهش در مقاومت می شوند. این کاهش می تواند به دلیل هوازایی یا کاهش میزان آبگیری سیمان باشد.

رهنمودهای کاربردی

از آنجا که مقدار مصرف افزودنی های بازدارنده خوردگی معمولاً زیاد است باید در زمان ساخت بتن مقدار آب مخلوط اصلاح شود. چنانچه علاوه بر افزودنی های پایاگر از افزودنی های دیگری نیز در بتن استفاده می شود باید با هم سازگار باشند و بهتر است که پایاگرها جداگانه به مخلوط افزوده شوند.

نکته - برخی از بازدارنده های خوردگی مانند سدیم مونوفلورو فسفات که برای توقف خوردگی بتن در بتن سخت شده روی سطح آن اعمال و به درون بتن نفوذ می کنند، به دلیل اثرات نامطلوبی که بر

واکنش های شیمیایی آبگیری سیمان دارند هرگز نباید به عنوان افزودنی به بتن تازه افزوده شوند.

اگر اطلاعات کافی و معتبر از کاربرد یک افزودنی پایاگر در دسترس نباشد، بهترین روش برای بررسی تاثیر افزودنی بر خواص بتن انجام آزمایش های کارگاهی است. این آزمایش ها باید با توجه به شرایط آب و هوایی مورد انتظار، روش و امکانات عملی ساخت و اجرای بتن و با استفاده از مصالح مصرفی کارگاه انجام پذیرد.آموزش کاربران و آگاه کردن آنان در مورد حساسیت و اثرات منفی احتمالی ناشی از مصارف نادرست و خطاهای پیمانه کردن افزودنی پایاگر الزامی و بسیار سودمند خواهد بود.

ارزیابی و انتخاب ماده پایاگر

موادی که عنوان افزودنی بازدارنده خوردگی به کار می روند باید غیرسمی باشند و برای محیط زیست خطری نداشته باشند. این افزودنی ها باید با شرایط محیطی که در آن به کار می روند به ویژه دماو pH محیط سازگار و در این شرایط کارآمد باشند. در آب به خوبی حل شوند ولی همراه با آب و رطوبت به بیرون بتن تراوش نکنند.در انتخاب آب بند کننده ها دوباره یادآوری می شود که نم بندها در جاهایی که آب دارای فشار هیدروستاتیکی ناکارآمد هستند.

کنترل کیفیت

یکنواختی و ثابت بودن یک افزودنی در مراحل مختلف پروژه و ارسال های متعدد به کارگاه بایستی کنترل شود و برابری آن با آزمایش های اولیه به اثبات برسد. آزمون های لازم برای شناسایی و تایید افزودنی شامل: تعیین درصد مواد جامد، غلظت ظاهری، طیف سنجی برای مواد آلی، مقدار کلراید، درجه قلیایی (pH)، و برخی موارد دیگر می باشند. معمولاً با کنترل رنگ، بو، شکل ظاهری و اندازه گیری غلظت و مقدار pH می توان یکنواختی محموله های مختلف افزودنی های وارده به کارگاه را تایید یا رد کرد.

نویسنده : **کلینیک بتن ایران**

افزودنی های حجم زای بتن

تکیدگی یا جمع شدگی ناشی از خشک شدن یک ویژگی ساختاری بتن است که در اثر از دست دادن رطوبت بتن رخ می دهد. چنانچه بتن مقید شده باشد، تکیدگی می تواند منجر به پدیدار شدن ترک در بتن شود. در مواردی از کارهای اجرایی نیز باید فضای محصور شده ای کاملاً با بتن، ملات یا دوغاب پر شود. از سوی دیگر برای سبک سازی و کاهش گرماگذری و صداگذری نیاز به بتن سبک و اسفنجی است. افزوده های حجم زا امکان دستیابی به بتنی با جمع شدگی جبران شده، منبسط شونده یا سبک سنجی را فراهم می کنند. **افزودنی های حجم زای بتن** مانند گازسازها و کف زاها می توانند در بتن تازه افزایش حجم پدید آورند یا مانند منبسط کننده ها با افزایش حجم بتن سخت شده در حد جبران جمع شدگی یا ایجاد انبساط، برای دستیابی به افزایش حجم، کاهش جرم حجمی، یا پایداری ابعادی بتن سخت شده کمک کنند.

دسته بندی

افزودنی های حجم زا که برای افزایش حجم در بتن (ملات) تازه، جبران جمع شدگی بتن (ملات) سخت شده، یا ایجاد انبساط کنترل در بتن (ملات) سخت شده به کار می روند. این افزودنی ها به سه گروه منبسط کننده ها (جبران کننده های جمع شدگی)، گازسازها، و کف زاها دسته بندی می شوند.منبسط کننده ها برای افزایش حجم و جبران جمع شدگی بتن (ملات) سخت شده، یا ایجاد انبساط کنترل شده در بتن (ملات) سخت شده به کار می روند. این افزودنی ها بسته به مقدار مصرف می توانند انبساطی در حد جبران جمع شدگی یا بیشتر پدید آورند.گازسازها با ایجاد گاز در بتن تازه برای افزایش حجم بتن، ملات، یا دوغاب تازه به منظور جلوگیری از نشست خمیری و اطمینان از پر شدن فضاهای خالی محصور مانند زیر صفحه ستون ها و اطراف پیچ سنگ ها (سنگ دوز) و میل مهارها به کار می روند.کف زاها با وارد کردن کف پایدار در بتن تازه موجب تخلخل زیاد و کاهش جرم حجمی بتن و کاهش گرماگذری و صداگذری بتن سخت شده می شوند. این مواد برای تولید بتن سبک غیر سازه ای (بتن اسفنجی) به منظور سبک سازی و کاهش گذر گرما یا سر و صدا (عایق حرارتی و صوتی) به کار می روند.

جمع شدگی (تکیدگی) ناشی از خشک شدن بتن

1- تعریف و پیامدهای جمع شدگی (تکیدگی) ناشی از خشک شدن

خمیر سیمان پس از سخت شدن، در اثر از دست دادن رطوبت دچار تکیدگی (جمع شدگی) می شود. این تکیدگی به نام "تکیدگی ناشی از خشک شدن" شناخته می شود و بیانگر کرنش (تنجش) پدید آمده به دلیل از دست دادن آب (تغییرات ابعادی) در خمیر سخت شده سیمان و بتن است. چنانچه بتن مقید (درگیر) نباشد می تواند آزادانه تکیده (جمع) شود بدون آنکه در آن ترکی پدیدار شود. ولی از آنجا که بتن توسط قیود بیرونی و درونی (مانند درگیر بودن با بستر زیر، اعضای پیرامونی، اعضای متصل و میلگرد گذاری) مقید است در اثر تغییر حجم و تکیدگی، تنش های کششی (حاصل ضرب کرنش ایجاد شده در ضریب کشسانی) در آن پدید می آید و چنانچه مقدار این تنش ها از **مقاومت کششی بتن** فراتر رود، بتن ترک خواهد خورد.

2-تاثیر روند خشک شدن

تغییرات حجم بتن در حین خشک شدن با حجم آب از دست داده آن برابر نیست. به عبارت دیگر بتن به اندازه حجم آبی که از دست می دهد کاهش حجم نمی دهد. چگونگی تاثیر رطوبت نسبی محیط (RH) بر کاهش آب در خمیر سیمان هیدراته اشباع و نیز رابطه کاهش (از دست دادن) آب با مقدار تکیدگی (جمع شدگی) در شکل 6-2 نشان داده شده است. به محض آنکه رطوبت نسبی به کمتر از 100 درصد کاهش پیدا کند، آب آزاد موجود در حفرات بزرگ (بزرگتر از 50 نانومتر) به طرف بیرون حرکت می کند. از آنجا که آب آزاد هیچگونه پیوند فیزیکی یا شیمیایی با ریز ساختار محصولات آبگیری ندارد، از دست دادن آن با تکیدگی (جمع شدگی) همراه نیست. بیشتر آبی که به آسانی بخار می شود در حفره های بزرگ بتن جای دارد، بنابراین از دست دادن اولیه آب تکیدگی به دنبال ندارد یا سبب تکیدگی ناچیزی می شود. به بیان دیگر، خمیر سیمان هیدارته اشباعی که در محیطی با رطوبت نسبی اندکی کمتر از 100 درصد قرار گیرد می تواند مقدار چشمگیری از آب بخارشدنی خود را از دست بدهد بدون آنکه دچار تکیدگی (جمع شدگی) شود. پس از آنکه خمیر سیمان بیشتر آب آزاد خود را از دست داد، ادامه روند خشک شدن و از دست دادن آب می تواند به تکیدگی (جمع شدگی) قابل ملاحظه ای در خمیر سیمان بیانجامد. این پدیده که با منحنی "B-C" در شکل 6-2 نمایانده شده است، به از دست دادن آب جذب شده به سطح و آب نگه داشته شده در حفره های کوچک مویینه نسبت داده می شود.

3- مکانیزم تکیدگی ناشی از خشک شدن

باور بر این است که سه پدیده 1) کشش مویینه، 2) کاهش فشار جداکننده (دور کننده)، و 3) تغییرات انرژی آزاد سطحی در مکانیزم (سازوکار) تکیدگی ناشی از خشک شدن خمیر سیمان نقش دارند. تخلخل زیاد به همراه شبکه ای از حفرات مویینه کوچک، نیروی پیوند بین مولکولی "واندروالس" چشم گیر در سیلیکات کلسیم هیدراته (C-S-H)، و مساحت سطح زیاد و ریز تخلخلی ذاتی سیلیکات کلسیم هیدراته از جمله ویژگی ها و ماهیت خمیر سیمان هیدراته هستند که در پیدایش این پدیده ها نقش دارند.

الف-کشش (تنش) مویینه

بنا به نظریه ی کشش مویینه، یکی از دلایل اصلی تکیدگی ناشی از خشک شدن بتن، کشش سطحی ایجاد شده در حفره های ریز خمیر سیمان است. اگر چه خروج آب از حفرات بزرگ، تکیدگی (جمع شدگی) ناچیزی به دنبال دارد ولی این امر سبب به هم خوردن تعادل آب درونی موجود در خمیر سیمان می شود و حرکت آب از حفرات کوچکتر به حفرات بزرگتر را در پی دارد. به دلیل کشش سطحی زیاد آب و اندرکنش آن با دیواره حفره، با کم شدن آب درون حفره های مویینه یک پوسته هلالی و مقعر در فصل مشترک آب و هوا تشکیل می شود.. کشش (تنش) سطحی در این پوسته مقعر، دیواره های حفره را به درون می کشد و از آنجا که امکان جابجایی و بازچینش درونی ذرات خمیر سیمان وجود دارد برخی از حفره ها کوچکتر می شوند]![و بازتاب بتن به این نیروهای درونی به صورت تکیدگی (جمع شدگی) نمایان می شود.

این مکانیزم تکیدگی فقط در منافذ با اندازه مشخص (بین 5 تا 50 نانومتر) روی می دهد. در منافذ بزرگتر از 50 نانومتر نیروی کشش آب کوچکتر از آن است که سبب تکیدگی شود و در منافذ کوچکتر از 5 نانومتر نیز سطح مقعر نمی تواند تشکیل شود. به دلیل آنکه در رطوبت های نسبی کمتر از 45٪ سطح مقعر شکل پایدار نیست، بنابراین کشش های مویینه نمی توانند در چنین رطوبت هایی پدید آیند.

ب-کاهش فشار جداکننده (دور کننده)

صرف نظر از اینکه رطوبت نسبی چقدر باشد، آب به سطح سیلیکات کلسیم هیدراته (C-S-H) جذب می شود و با افزایش رطوبت، ضخامت این لایه آب نیز بیشتر می شود. در ساختار C-S-H نیروهای بین مولکولی واندروالس ذرات مجاور را به سمت خود می کشند و سطوح مجاور را به همدیگر نزدیک می کنند. جذب شدن آب به سطوح C-S-H یک فشار جدا کننده (دور کننده) پدید می آورد. این فشار جدا کننده (دور کننده) به دلیل چیدمان جهت دار مولکول های آب در لایه به بند کشیده شده است. با افزایش

ضخامت لایه آب جذب شده به سطح بین ذرات (یعنی افزایش رطوبت نسبی)، فشار جدا کننده (دورکننده) نیز افزایش می یابد تا جاییکه به نیروی جاذبه واندروالس بین ذرات چیره شود و ذرات را از یکدیگر دور کند. زمانی که ذرات از یکدیگر دور شوند، سیلیکات کلسیم هیدراته باد می کند. سیلیکات کلسیم هیدراته در روند آبگیری در یک حالت باد کرده شکل می گیرد و ریز حفرات آن با آب پر می شوند. با خشک شدن خمیر سیمان و کاهش لایه آب جذب شده به سطح بین ساختار لایه ای سیلیکات کلسیم هیدراته، نیروهای واندروالس افزایش می یابند و ذرات را به سوی یکدیگر می کشند و حجم خمیر سیمان کاهش می یابد و سبب تکیدگی می شود. نمایی از تاثیر کاهش فشار جدا کننده (دور کننده) بر تکیدگی (جمع شدگی) فشار جدا کننده (دور کننده) مانند کشش مویینه، تا رطوبت نسبی حدود 45٪ نقش پر رنگی در تکیدگی ناشی از خشک شدن دارد. زیرا آب بین لایه ای که به صورت لایه تک مولکولی آب در ساختار سیلیکات کلسیم هیدراته وجود دارد به دلیل درگیری نزدیک با سطوح جامد و پر پیچ و خم بودن راه عبور آب از میان شبکه مویینگی، فقط در خشک شدگی شدید می تواند از سیستم خارج شود.

ج-انرژی آزاد سطحی

در رطوبت های نسبی خیلی کم (کمتر از 45٪) که کشش مویینه و فشار جدا کننده نقشی در تکیدگی ناشی از خشک شدن ندارند، گمان بر این است که تغییر انرژی سطحی دلیل این نوع تکیدگی باشد. ذرات جامد تحت اثر فشار ناشی از انرژی سطحی قرار دارند (مشابه کشش سطحی آب در یک قطره) و با جذب آب به سطح ذرات جامد، اندازه این فشار کاهش می یابد. به بیان دیگر با از دست دادن آب تک لایه ای جذب شده به سطح سیلیکات کلسیم هیدراته، انرژی آزاد سطحی به شدت افزایش می یابد و فشار کاهنده حجم در ذرات افزایش چشم گیری پیدا می کند.

مکانیزم عملکرد و مواد تشکیل دهنده افزودنی های حجم زا

منبسط کننده ها از نوع افزودنی های با عملکرد شیمیایی هستند و بر ساختار بخشی از محصولات آبگیری سیمان تاثیر می گذارند در حالیکه گازسازها و کف زاها دارای عملکرد فیزیکی هستند و تاثیری برآبگیری سیمان و روند آن ندارند.

1- منبسط کننده

مکانیزم عملکرد و افزایش حجم افزودنی های منبسط کننده مانند سیمان منبسط شونده، تشکیل محدود و کنترل شده ی اترینگایت پس از گیرش سیمان (حالت جامد) است. تشکیل بلورهای سوزنی شکل اترینگایت به دلیل تخلخل زیاد ناشی از چیدمان درهم و نامنظم آنها، سبب افزایش حجم یا حجم زایی می شود.

نکته - اترینگایت که نوعی سولفوآلومینات کلسیم است، در خمیر همه سیمان های پرتلند یافت می شود زیرا سولفات موجود در سنگ گچی که در کارخانه سیمان به منظور کنترل زمان گیرش و بهبود روند کسب مقاومت همراه با کلینکر آسیاب می شود یا سولفات موجود در مواد افزودنی یا مواد کمک سیمانی، در همان چند ساعت اولیه پس از اختلاط سیمان و آب با آلومینات های سیمان واکنش و تشکیل اترینگایت می دهند. این اترینگایت (با سطح مقطعی کمتر از یک میکرومتر) به نام اترینگایت اولیه شناخته می شود. اترینگایتی که در این مرحله (حالت خمیری) و پیش از گیرش تولید می شود نقشی در افزایش حجم بتن یا خمیر سخت شده ندارد. افزودنی های منبسط کننده برپایه کلسیم سولفوآلومینات (CSA)، در واکنش با آب تشکیل اترینگایت می دهند و منبسط می شوند. این افزودنی ها در فاز مایع و خمیری سیمان تقریباً اترینگایتی تولید نمی کنند. ترکیب C3AH13 پدید می آورند. مونوسولفات با گچ واکنش نشان می دهد و بلورهای سوزنی شکل اترینگایت را به وجود می آورد. مونوسولفات نقشی در ایجاد انبساط ندارد و حجم زایی مربوط به تشکیل اترینگایت است. سیمان منبسط شونده و افزودنی های منبسط کننده که برای ساخت "بتن با تکیدگی (جمع شدگی) جبران شده" به کار می روند، نقشی در کنترل مکانیزم های تکیدگی ناشی از خشک شدن خمیر سیمان و بتن ندارند و در حقیقت پیامد این پدیده یعنی ایجاد ترک ناشی از تکیدگی را برطرف می کنند. بتن با تکیدگی (جمع شدگی) جبران شده طبق تعریف "بتنی است که چنانچه با میلگرد یا دیگر قیود درونی و بیرونی، به گونه ای مناسب مقید شده باشد به اندازه مقدار مورد انتظار تکیدگی ناشی از خشک شدن یا اندکی بیشتر از آن، منبسط می شود. تکیدگی ناشی از خشک شدن در چنین بتنی باعث می شود که بخشی از این کرنش های انبساطی کاهش یابد

ولی در حالت ایده آل بخشی از این انبساط در بتن باقی می ماند که از پدید آمدن ترک های ناشی از تکیدگی جلوگیری می کند". به بیان دیگر، در هنگام منبسط شدن بتن مقید شده، تنش های فشاری در آن پدید می آید که با تکیدگی ناشی از خشک شدن، اندازه این تنش ها کاهش می یابد ولی در حالت ایده آل، مقداری فشار در بتن باقی می ماند و از خطر پدید آمدن ترک های تکیدگی جلوگیری می کند. در زمانی که بتن دارای سیمان منبسط شونده یا افزودنی منبسط کننده گیرش می یابد و مقاومت کسب می کند، با میلگرد پیوند برقرار می کند و در صورت وجود آب کافی برای عمل آوری، شروع به انبساط می کند. پیوستگی بتن به فولاد سبب می شود که انبساط بتن که با فولاد مقید شده است، باعث ایجاد کشش در فولاد شود و خود بتن تحت فشار قرار گیرد. در پایان دوره عمل آوری مرطوب، هنگامی که عضو در شرایط خشک شدن قرار می گیرد مانند بتن معمولی دچار تکیدگی می شود. تکیدگی پیش از آنکه تنش کششی در بتن پدید آورد، ابتدا پیش فشردگی را آزاد می کند و در انتها ممکن است تنش کششی ناچیزی به بتن وارد کند که از مقاومت کششی بتن کمتر است و بنابراین، خطر ایجاد ترک تکیدگی کاهش می یابد. شاید به دلیل همین ویزگی رفتاری است که گروهی به جای عبارت "بتن با تکیدگی جبران شده" از عبارت "بتن با تنش تکیدگی جبران شده" استفاده می کنند.

نکته - نوع دیگری از افزودنی های منبسط کننده که مکانیزمی به جز تولید کنترل شده اترینگایت دارند، افزودنی های برپایه اکسایش ذرات بسیار ریز آهن هستند. از آنجا که محصولات حاصل از اکسایش حجم بیشتری از ذرات فلز دارند، اکسایش آنها سبب انبساط در بتن می شود. واکنش اکسایش پس از افزودن آب آغاز می شود و در اثر سخت شدن و کسب مقاومت خمیر سیمان از یک سو و کاهش دسترسی به رطوبت و اکسیژن از سوی دیگر، انبساط حاصله به تدریج متوقف می شود. افزودن ذرات ریز فلزات به همراه یک عامل اکسایشگر (اکسید کننده) نقشی در کنترل مکانیزم های تکیدگی ناشی از خشک شدن ندارد بلکه با افزایش حجم در بتن سخت شده، این تکیدگی را جبران می کند.

نکته - از آنجا که قطعات بتن مسلح ساخته شده با سیمان منبسط شونده یا مواد منبسط کننده، در طول عمر بهره برداری تغییرات ابعادی ندارند یا تغییرات اندکی از خود نمایان می کنند گاهی به نادرستی، بتن (سیمان) با تکیدگی جبران شده را "بتن (سیمان) بدون تکیدگی" می نامند که می تواند سبب سوء تفاهم شود زیرا بتن ساخته شده با سیمان منبسط شونده یا دارای ماده منبسط کننده نیز مانند بتن معمولی و تقریباً به همان اندازه، در اثر از دست دادن رطوبت دچار تکیدگی می شود.2- گازسازها مکانیزم کلی افزودنی های گازساز، تولید یا آزاد کردن حباب های گاز در مخلوط بتن تازه و در حین واکنش آبگیری و پیش از گیرش سیمان است. گازسازها دو مکانیزم کلی برای ایجاد گاز دارند. دسته ای از آنها مانند پودر آلومینیم با برخی از ترکیبات حاصل از فرآیند آبگیری سیمان واکنش شیمیایی نشان می دهند و گاز تولید می کنند و دسته ای دیگر در تماس با آب، هوای جذب شده به سطح خود را آزاد می کنند. نکته - مکانیزم گازسازها کاملاً با مکانیزم هوازاها متفاوت است. هوازاها گاز تولید نمی کنند بلکه با پایدار کردن حباب های هوایی که در حین اختلاط در بتن پدید می آیند، حباب هوا ایجاد می کنند درحالیکه گازسازها، گاز یا هوا تولید می کنند. بسته به نوع افزودنی گازساز و واکنش شیمیایی آن، ممکن است گاز هیدروژن، اکسیژن، نیتروژن یا هوا آزاد شود. پودر آلومینیم با هیدروکسید کلسیم موجود در خمیر تازه سیمان واکنش نشان می دهد و طبق فرمول زیر، گاز هیدروژن آزاد می کند. $Al + 3Ca(OH)2 + 6H2O = 3CaO.Al2O3.6H2O + 3H22$

اگر از آب اکسیژنه و هیپوکلراید کلسیم (پودر رنگبری) استفاده شود، واکنش حاصل از آن گاز اکسیژن تولید می کند. توجه شود که در اثر این واکنش، مقداری کلرید کلسیم نیز تولید خواهد شد که علاوه بر شتاب دهندگی واکنش آبگیری سیمان، خطر خوردگی و حمله کلریدی را در بتن مسلح افزایش می دهد که باید از کاربرد آن در بتن مسلح پرهیز شود. چنانچه افزودنی گازساز از نوع ترکیبات نیتروژن دار با حداقل یک پیوند N-N باشد، گاز حاصل از واکنش، گاز نیتروژن خواهد بود. آزاد شدن گاز نیتروژن به دلیل تجزیه این پیوند در اثر عملکرد عامل واکنشگر (مانند آلومینات ها یا نمک های مس) است.انواع خاصی از کربن فعال یا کک سیال شده با مقدار رطوبت حدود 3٪ در تماس با آب، هوای جذب شده به سطوح خود را آزاد می کنند.پودر آلومینیم در مقدار مصرف زیاد و گاهی همراه با یک پایدار کننده، مقدار زیادی گاز تولید می کند که از این شیوه برای ساخت قطعات پیش

ساخته بتن سبک گازدار استفاده می شود.

3- کف زاها

مکانیزم ایجاد کف مواد کف زا به دو دسته تقسیم می شود. دسته اول آنهایی هستند که همراه با آب به مخلوط اضافه می شوند و با دور زیاد هم زده می شوند تا کف ایجاد کنند. دسته دوم مواد کف زا آنهایی هستند که برای تولید کف آماده به کار می روند. مواد کفزا پس از ترکیب با آب در دستگاه کف ساز تبدیل به کفی پایدار می شوند. کف آماده به طور جداگانه به ملات یا دوغاب سیمانی افزوده و مخلوط می شود.

مواد کف زا از پروتیین هیدرولیزه (آبکافته)، هیدروزیلات های پروتیین، یا مواد مصنوعی فعال در سطح (معمولاً از نوع آکلیل اریل سولفونات) تشکیل می شوند.

نکته - در مواردی، از افزودنی های هوازای قوی در مقادیر مصرف زیاد برای ساخت بتن و مصالح سبک استفاده می شود ولی باید توجه داشت که حداکثر هوای ایجاد شده در این حالت از 25٪ فراتر نخواهد رفت و جرم حجمی نیز حدود 1800 کیلوگرم در مترمکعب خواهد بود. در حالیکه مقدار تخلخل در بتن استفنجی باید حدود 70٪ باشد تا بتوان به جرم حجمی های کمتر از 700 کیلوگرم بر متر مکعب دست یافت که این موضوع تنها به کمک کف زاها دست یافتنی است.

کاربرد

افزودنی های حجم زا بسته به نوع و مقدار مصرف، برای افزایش حجم در بتن (یا ملات) تازه و مهار نشست خمیری، جبران جمع شدگی بتن (یا ملات) سخت شده و حذف ترک های تکیدگی خشک شدن، یا ایجاد انبساط کنترل شده در بتن (یا ملات) سخت شده مقید و اعمال پیش تنیدگی به کار می روند.

1- منبسط کننده ها

همچنان که گفته شد، منبسط کننده ها نقشی در کنترل مکانیزم یا کاهش تکیدگی (جمع شدگی) ناشی از خشک شدن ندارند و فقط به حذف پیامد این پدیده، یعنی ترک های تکیدگی خشک شدن، کمک

می کنند. افزودنی های منبسط کننده یا سیمان های منبسط شونده، به شرط انبساط مقید شده

(مثلاً قید درونی حاصل از میلگرد گذاری)، می توانند دو کاربرد اصلی در بتن داشته باشند.

- جبران کاهش حجم و حذف ترک های ناشی از تکیدگی خشک شدن (بتن با تکیدگی جبران شده)
- خود تنیدگی یا پیش تنیدگی شیمیایی

از بتن با تکیدگی جبران شده می توان در هر جایی که حذف یا به حداقل رساندن ترک های تکیدگی خشک شدن از اهمیتی ویزه و تاثیرگذار در عملکرد و پایایی قطعه یا سازه بتنی برخوردار است استفاده کرد. از جمله این کاربردها می توان به ساخت قطعات پیش ساخته هنری، منابع و مخازن آب و فاضلاب، کف ها و دال های یکپارچه و کم درز، روسازی ها، بتن پاشی، دوغاب (گروت) سازه ای، سیمان کاری جداره چاه های نفت، و به ویژه کارهای تعمیراتی و بهسازی اشاره کرد.به وجود آمدن تنش کششی در میلگردها به دلیل انبساط مقید شده بتن سخت شده که نوعی پس کشیدگی به شمار می آید و به نام خودتنیدگی یا پیش تنیدگی شیمیایی شناخته می شود برای تولید لوله های پرفشار و ساخت مخازن آب و جداره (آستر) تونل های تحت فشار به کار می رود.

2- گازسازها

حجم زایی گازسازها در بتن یا خمیر تازه برای پر کردن فضاهای خالی، زمانی سودمند خواهد بود که انبساط در یک فضای محصور مانند زیر صفحه ستون ها، چال های حفاری شده، یا مجاری عبور کابل های پیش تنیدگی رخ دهد. کاربرد اصلی گازسازها، خنثی (بی اثر) کردن تکیدگی نشست بچسبد خمیری دوغاب یا ملات تازه است تا دوغاب یا ملات کاملاً به سطح زیر صفحه ستون یا جداره داخلی چال (پیچ سنگ و میل مهار) یا مجاری عبور کابل پیش تنیدگی بچسبد و فضاهای محصور را کاملاً پر کند. افزایش حجم تا آنجا پیش می رود که روند واکنش گازسازی به انتها برسد یا ملات (دوغاب) به اندازه کافی سخت شده باشد که بتواند انبساط را مهار کند.

نکته - انبساط ازاد گازسازها نه تنها سودمند نیست بلکه ممکن است زیان هم داشته باشد و لایه ای سست و پوک روی سطح ملات یا دوغاب پدید آورد. بنابراین استفاده از گازسازها در عملیات کف سازی یا تعمیرات دستاورد خوبی به دنبال ندارد مگر آنکه از گازسازها همراه با یک ماده تثبیت کننده حجم یا یک ماده منبسط شونده استفاده شود.

نکته - از آنجا که حجم زایی سیمان های منبسط شونده یا مواد منبسط کننده پس از سخت شدن سیمان است، بنابراین نقشی در کاهش نشست خمیری دوغاب تازه ندارند. پس برای دوغاب ریزی زیر صفحات در صورت استفاده از سیمان منبسط شونده یا ماده منبسط کننده لازم است که برای مهار نشست خمیری، همراه با آنها از افزودنی های کمکی (مانند غلیظ کننده ها) یا موادی که در حالت خمیری حجم را افزایش می دهند (مانند گازسازها) نیز بهره گرفته شود.

3- کف زاها

کاربرد اصلی کف زاها برای تولید بتن اسفنجی است. بتن اسفنجی یا گازدار، فرآورده سبکی متشکل از سیمان پرتلند (یا آهک) به همراه مصالح ریزدانه سیلیسی (مانند ماسه، سرباره، یا خاکستربادی) و آب است که خمیری با ساختاری همگن از حباب و بافت استفنجی پدید آورد. نکته- از آنجا که کف زاها برای تولید بتنی ویزه به کار می روند که کاملاً با بتن معمولی تفاوت دارد، در ادامه هر جا که لازم باشد به ویزگی های بتن اسفنجی ارجاع خواهد شد. بتن اسفنجی در حالت تازه بسیار روان و بدون آب انداختن و فاقد نشست خمیری است (پرکنندگی خوب) و در حالت سخت شده علاوه بر سبک بودن، عایق حرارتی و صوتی بسیار خوبی نیز به شمار می آید (سبک سازی و عایق بندی) و به دلیل مقاومت کم و تخلخل زیاد بنا به نیاز به آسانی تخریب و برداشته می شود (انسداد موقت). این ویزگی ها این امکان را فراهم می آورند که بتن اسفنجی هم به صورت ساخت درجا (در جاساز) و هم به صورت پیش ساخته به کار می رود. از بتن در جای اسفنجی (درجاساز) برای شیب بندی و عایق حرارتی و صوتی سقف ها، شیب بندی سرویس های بهداشتی، پر کردن دیوارهای جدا کننده توخالی (مانند سیستم قاب فولادی سبک)، جایگزین کردن لایه های ضعیف خاک، پر کردن سازه های متروک زیرزمینی (مانند تونل، معدن و خط لوله)، و انسداد موقت استفاده می شود. بتن اسفنجی پیش ساخته هم برای تولید قطعات غیر سازه ای (بلوک های سبک سقف و دیوار) و هم برای تولید قطعات و اعضای یازه ای باربر به کار می رود.

تاثیر حجم زاها بر ویژگی های بتن تازه

کاربرد اصلی منبسط کننده ها و کف زاها به ترتیب برای ساخت "بتن با تکیدگی جبران شده" و "بتن اسفنجی" است، در بررسی جداگانه تاثیر این دو دسته از حجم زاها بنا به نیاز، ویژگی های این نوع بتن ها مورد اشاره قرار خواهد گرفت.

1- منبسط کننده ها

چون بخشی از اترینگایت حاصل از واکنش آبگیری سیمان منبسط شونده یا ماده منبسط کننده در همان زمان های اولیه و در خمیر تازه شکل می گیرد (گو اینکه در انبساط خمیر سخت شده نقشی نخواهد داشت) و به دلیل ویزگی جذب آب اترینگایت، بتن دارای این نوع سیمان یا افزودنی برای یک مقدار مشخص آب اختلاط نسبت به بتن معمولی سفت تر است و در عین حال قوام بهتری دارد. به بیان دیگر، برای دستیابی به روانی مشخص، این نوع بتن نسبت به بتن معمولی به مقدار آب بیشتری نیاز دارد. به دلیل قوام بهتر بتن های دارای افزودنی های منبسط کننده، جداشدگی و آب انداختن این بتن ها کاهش می یابد.

افزودنی های منبسط کننده بر پایه سولفوآلومینات کلسیم در مقادیر مصرف کم (6 تا 8 درصد وزن سیمان) هوای اضافی وارد بتن نمی کنند ولی در مقادیر مصرف بیشتر، احتمال هوازایی و کف زایی دارند.روند افت اسلامپ بتن های با تکیدگی جبران شده، به ویژه در هوای گرم و خشک، بیشتر از بتن معمولی است. در دماهای محیطی بیشتر از 29 درجه سانتی گراد، مقدار و نرخ تشکیل اترینگایت به اندازه ای افزایش می یابد که می تواند سبب افت شدید اسلامپ و گیرش سریع بتن شود، مگر آنکه دمای بتن تازه پایین نگه داشته شود.به دلیل کاهش آب انداختن و سفت شدن و گیرش سریع تر بتن های ساخته شده با سیمان منبسط شونده یا دارای افزودنی منبسط کننده، تکیدگی خمیری و احتمال پدید آمدن ترک های ناشی از آن در این نوع بتن ها بیشتر از بتن معمولی است.به دلیل قوام و چسبانکی ذاتی بتن با تکیدگی جبران شده (حاوی سیمان منبسط شونده یا افزودنی منبسط کننده)،

این بتن از پرداخت پذیری بهتری نسبت به بتن معمولی برخوردار است. از آنجا که حجم زایی منبسط کننده ها پس از گیرش و سخت شدن بتن رخ می دهد، در هنگام طرح اختلاط نیازی به در نظر گرفتن این افزایش حجم در محاسبات مربوط به بازده حجمی و تعیین نسبت اجزای تشکیل دهنده بتن نیست.

2- گازسازها

گازسازها به دلیل ایجاد تخلخل (گازسازی) در حالت خمیری و پیش از گیرش، عموماً جرم حجمی بتن، ملات یا دوغاب تازه را کاهش می دهند. هر 1٪ افزایش تخلخل سبب کاهش 1٪ جرم حجمی می شود.به دلیل تفاوت اندازه و پایداری شکلی حباب های تولید شده توسط افزودنی های گازساز و هوازا، افزودنی های گازساز برخلاف هوازاها تاثیر چشمگیری بر بهبود کارآیی و قوام بتن یا ملات تازه ندارند، گو اینکه تا حدودی آب انداختن و جداشدگی را کاهش می دهند. افزودنی های گازساز تاثیری بر زمان گیرش اولیه و نهایی مخلوط ندارند.چون حجم زایی گازسازها به منظور جبران و مهار نشست خمیری بتن یا ملات تازه است، معمولاً نیازی به در نظر گرفتن آن در محاسبات مربوط به بازده حجمی و تعیین نسبت اجزای تشکیل دهنده بتن نیست.

تاثیر حجم زاها بر ویژگی های بتن سخت شده

1- منبسط کننده ها

در نسبت آب به سیمان یکسان، به دلیل متراکم تر بودن خمیر سیمان و قوی تر بودن اتصال خمیر به سنگدانه درشت (بهبود ناحیه انتقال)، مقاومت ها مکانیکی بتن با تکیدگی جبران شده (دارای سیمان منبسط شونده یا **افزودنی منبسط کننده**) از بتن معمولی بیشتر است.

نکته - عوامل موثر بر روند کسب مقاومت بتن با تکیدگی جبران شده همان عواملی هستند که بر روند کسب مقاومت بتن معمولی (مانند نسبت آب به سیمان، عمل آوری، پوزولان و...) تاثیر می گذارند.

پس از انبساط و افزایش حجم، ویژگی ها و عوامل موثر بر تکیدگی خشک شدن در بتن با تکیدگی جبران شده همان ویژگی ها و عواملی است که بر تکیدگی خشک شدن بتن معمولی تاثیر گذار است. انبساط مقید بتن، نبود آب انداختن، ترک خوردگی اندک یا حذف شدن ریزترک های ناشی از تکیدگی خشک شدن، و بهبود ویژگی های ناحیه انتقال خمیر و سنگدانه از جمله دلایلی هستند که باعث می شوند بتن با تکیدگی جبران شده (دارای سیمان منبسط شونده یا افزودنی منبسط کننده) در نسبت آب به سیمان یکسان با بتن معمولی، از ساختاری متراکم تر و ناتراواتر نسبت به بتن معمولی برخوردار باشد. به بیان دیگر، در نسبت آب به سیمان ثابت، پایداری بتن با تکیدگی جبران شده در برابر سایش، فرسایش و محلول های زیان آور از بتن معمولی بیشتر است.

2- گاز سازها

گازسازها به دلیل افزایش تخلخل بتن، مقاومت فشاری بتن سخت شده را کاهش می دهند. معمولاً به ازای هر 1٪ افزایش حجم گاز در بتن، مقاومت فشاری آن حدود 5٪ کاهش می یابد. افزودنی های گازساز نقشی در مهار و کنترل تکیدگی ناشی از خشک شدن و کربناتی شدن ندارند. ساختار حباب های حاصل از گازسازها نقشی در بهبود پایایی در برابر چرخه های یخ زدن و آب شدن ندارد.

تاثیر مواد متشکله بتن بر عملکرد حجم زاها

همانگونه که وجود ماده افزودنی حجم زا روی نسبت اجزا و ویژگی های بتن تاثیر می گذارد، خواص و مقدار اجزای تشکیل دهنده بتن نیز تاثیی متقابل بر عملکرد حجم زاها دارد.

1- منبسط کننده ها

نوع و مقدار آلومینات ها، سولفات کلسیم، و آهک آزاد موجود در مخلوط بر روند تشکیل اترینگایت تاثیر گذار است. وجود آهک برای مراحل اولیه و نهایی تشکیل اترینگایت نقشی حیاتی دارد زیرا وجود اهک سبب اشباع شدن فاز مایع با یون های کلسیم (Ca^{++}) است که در تشکیل اترینگایت (سولفوآلومینات کلسیم) نقشی اساسی دارد. ساختار بلوری و اندازه ذرات افزودنی منبسط کننده بر پایه سولفوآلومینات کلسیم (CSA) تعیین کننده روند و دت زمان ایجاد انبسط است.

برای نسبت های مصرف ثابت افزودنی منبسط کننده، با افزایش مقدار سیمان در مخلوط بتن میزان انبساط نیز افزایش می یابد. افزودنی های هوازا تاثیری بر واکنش انبساطی ندارند هر چند که استفاده از منبسط کننده ها در بتن هوازایی شده ممکن است به افزایش مقدار هوای ایجاد دشه بیانجامد. شتاب دهنده ها و به ویژه کلرید کلسیم به دلیل تسریع روند تشکیل اترینگایت در ساعات اولیه و شتاب دادن به روند کسب مقاومت بتن (یکی از عوامل مهار کننده انبساط اترینگایتی)، مقدار انبساط نهایی حاصل از منبسط کننده ها را کاهش می دهند.برخی از کاهنده های آب و کندگیر کننده ها ممکن است با افزودنی های منبسط کننده یا سیمان های منبسط شونده سازگار نباشند و واکنش تشکیل اترینگایت را شتاب دهند. این موضوع معمولاً سبب کاهش انبساط خواهد شد.پوزولان ها به ویژه دوده سیلیسی و خاکستر بادی از طریق مصرف کردن و کاهش غلظت یون کلسیم (Ca^{++}) و یون هیدروکسیل (OH^{-}) در مخلوط (واکنش پوزولانی) که در روند تشکیل اترینگایت دخیل هستند، سبب کاهش تشکیل اترینگایت و کاهش انبساط می شوند.

2- گازسازها

آهنگ و دوزه زمانی آزاد کردن گاز توسط افزودنی های گازساز به ریزی و ترکیبات سیمان (به ویژه مقدار قلیایی آن) بستگی دارد. با افزایش ریزی و مقدار قلیایی سیمان، روند واکنش گازسازها و آزاد شدن گاز شتاب می گیرد. در مخلوط های خیلی روان نیز امکان از دست رفتن بخشی از گاز تولید شده، پیش از گیرش وجود دارد. نوع سیمان نیز می تواند بر آهنگ یا روند تولید گاز و زمان شروع انبساط تاثیر داشته باشد.

نکته - ویزگی های سیمان مصرفی در مورد گازسازهایی که گاز اکسیژن یا نیتروژن تولید و آزاد می کنند، تاثیری بر روند واکنش ندارند زیرا شروع و کنترل روند واکنش در این نوع گازسازها توسط جزء فعال کننده انجام می شود.

تاثیر عوامل محیطی و اجرایی

چگونگی و زمان اختلاط، دمای محیط و بتن، و شرایط عمل آوری بتن از جمله عوامل مهم و تاثیرگذار بر عملکرد افزودنی های حجم زا هستند. از آنجا که مقدار انبساط ایجاد شده به یکنواختی پخش شدن افزودنی منبسط کننده بستگی دارد، زمان اختلاط اولیه بتن با تکیدگی جبران شده از بتن معمولی باید بیشتر باشد. از سوی دیگر زمان اختلاط خیلی طولانی، به ویژه در دماهای زیاد، ممکن است کاهش چشم گیری در مقدار انبساط نهایی پدید آورد. افزودن آب در پای کار به داخل کامیون همزن برای جبران افت اسلامپ بتن، نه تنها باعث کاهش مقاومت می شود بلکه کاهش انبساط را نیز به دنبال دارد.

توصیه می شود که دمای بتن با تکیدگی جبران شده در زمان بتن ریزی بیشتر از 32 درجه سانتی گراد نباشد و زمان ساخت و حمل (از لحظه اختلاط مواد سیمانی و آب) در دماهای زیادتر از 30 درجه سانتی گراد از یک ساعت فراتر نرود. در دماهای کمتر از 30 درجه سانتی گراد، این زمان می تواند تا 1/5 ساعت افزایش یابد.به دلیل تاثیر عمل آوری بر میزان انبساط بتن های دارای افزودنی منبسط کننده برپایه سولفوآلومینات کلسیم، عمل آوری این نوع بتن ها از اهمیت ویزه ای برخوردار است. در مواردی که از روش عمل آوری مرطوب استفاده شود مقدار انبساط به دست آمده نسبت به زمانی که از ماده عمل آوری استفاده شده باشد بیشتر است.به دلیل آنکه عملکرد بتن با تکیدگی جبران شده به انبساط مقید بستگی زیادی دارد، لازم است که در هنگام بتن ریزی دقت شود که میلگردها در موقعیت درست قرار گرفته باشند. در هنگام ریختن بتن، ملات یا دوغاب دارای افزودنی گازساز باید دقت شود که ناحیه مورد نظر کاملاً محصور باشد تا از انبساط آزاد جلوگیری شود.

رهنمودهای کاربردی

چنانچه اطلاعات کافی و معتبر از کاربرد یک افزودنی حجم زا در دسترس نباشد، بهترین روش برای بررسی تاثیر افزودنی بر خواص بتن انجام آزمایش های کارگاهی است. این آزمایش ها باید باتوجه به شرایط آب و هوایی مورد انتظار، روش و امکانات عملی ساخت و اجرای بتن و با استفاده از مصالح مصرفی کارگاه انجام پذیرد.اگرچه راهنمایی های بسیار سودمندی در آیین نامه های معتبر بین المللی و استانداردهای ساختمانی ایران برای کاربرد افزودنی های شیمیایی وجود دارد ولی اغلب آنها برای شرایط

استاندارد و آزمایشگاهی در نظر گرفته دشه اند. بنابراین بهتر است ضمن پیروی از آنها اقدام به انجام آزمایش های کارگاهی نزدیک به شرایط واقعی کاربردی در کارگاه کرد.آموزش کاربران و آگاه کردن آنان در مورد حساسیت و اثرات منفی احتمالی ناشی از مصارف نادرست و خطاهای پیمانه کردن افزودنی حجم زا الزامی و بسیار سودمند خواهد بود.

ارزیابی و انتخاب ماده حجم زا

هدف اصلی از کاربرد افزودنی های حجم زا، کنترل تکیدگی نشست بتن تازه یا جبران تکیدگی خشک شدن بتن سخت شده است، بنابراین انتخاب روش آزمون و اندازه گیری تکیدیگی بسیار راهگشا خواهد بود. برخی از روش ها مقدار نشست خمیری یا انبساط آزاد را تا پیش از گیرش اندازه می گیرند، برخی دیگر انبساط مقید را پس از سخت شدن نشان می دهند، برخی دیگر انبساط آزاد را پس از سخت شدن اندازه گیری

می کنند، و دسته ای از این آزمایش ها نیز انبساط آزاد را پس از سخت شدن می سنجند در حالی که نمونه در حالت خمیری و پیش از گیرش کاملاً محصور شده است. بسته به خواص مورد انتظار باید روش آزمایش مناسب انتخاب شود. گستره کاربرد آزمون های مختلف برای اندازه گیری تکیدگی در جدول زیر گردآوری شده است.

روش نمونه گیری برای تعیین مقاومت فشاری دوغاب های حاوی مواد منبسط کننده یا گازساز از اهمیت ویژه ای برخوردار است. معمولاً به دلیل روانی زیاد این دوغاب ها، آنها را در دو لایه درون قالب می ریزند و هر لایه را با پنج ضربه انگشت پوشیده با دستکش متراکم می کنند. پس از اینکه دوغاب اندکی سفت شد، روی قالب را با صفحه ای فلزی می پوشانند و آن را به کمک گیره یا با قرار دادن وزنه روی آن به مدت 24 ساعت در جای خود محکم نگه می دارند.

جدول - آزمون های مختلف اندازه گیری نشست خمیری و تکیدگی خشک شدن

ردیف	استاندارد	شرح	گستره	کاربرد و یادداشت
1	ASTM C157	روش آزمون استاندارد برای تغییر طول ملات و بتن سخت شده ساخته شده با سیمان هیدرولیکی	-اندازه گیری تغییر طول آزاد بتن یا ملات سخت شده (ساخته شده با مصالح مصرفی) در شرایط رطوبتی گوناگون	-برای اندازه گیری نشست خمیری کاربرد ندارد.
2	ASTM C 596	روش آزمون استاندارد برای تکیدگی خشک شدن ملات ساخته شده با سیمان هیدرولیکی	-اندازه گیری تکیدگی خشک شدن آزاد ملات (ساخته شده با ماسه استاندارد(	-نشست خمیری را اندازه نمی گیرد. -به دلیل مقید نبودن، برای ارزیابی سیمان منبسط شونده یا ماده منبسط کننده به کار نمی آید.
3	ASTM C506	روش آزمون استاندارد برای انبساط مقید ملات ساخته شده با سیمان منبسط شونده	-اندازه گیری انبساط مقید ملات ساخته شده با سیمان منبسط شونده یا سیمان معمولی همراه با ماده منبسط کننده	-بررسی عملکرد و ارزیابی سیمان منبسط شونده یا ماده منبسط کننده. -برای اندازه گیری و بررسی نشست خمیری کاربرد ندارد.
4	ASTM C827	روش آزمون استاندارد برای تغییر ارتفاع آزمونه های استوانه ای	-اندازه گیری انبساط آزاد (در امتدادهای عرضی محصور و در امتداد طولی آزاد)	-اندازه گیری نشست خمیری در دوغاب های سیمانی.

		مخلوط های سیمان در سنین اولیه	مخلوط در سنین اولیه (تا پیش از گیرش یا پس از آن) به روش باریکه نور	-اندازه گیری تغییر طول دوغاب سخت شده در سنین اولیه.
5	ASTM C878	روش آزمون استاندارد برای انبساط مقید بتن با تکیدگی جبران شده	-اندازه گیری انبساط مقید بتن سخت شده ساخته شده با سیمان منبسط شونده یا سیمان معمولی همراه با ماده منبسط کننده	-تعیین مقدار افزودنی منبسط کننده مورد نیاز برای جبران تکیدگی یا دستیابی به مقدار انبساط معین در بتن سخت شده.
6	ASTM C940	روش آزمون استاندازد برای انبساط و آب انداختن دوغاب های تازه برای بتن با سنگدانه پیش آکنده در آزمایشگاه	-اندازه گیری تغییر طول و انبساط آزاد (در امتدادهای عرضی محصور و در امتداد طولی آزاد) و پایداری (جدانشدگی) دوغاب تازه تا پیش از گیرش	-اندازه گیری نشست خمیری در دوغاب های سیمانی. -اندازه گیری آب انداختن دوغاب تازه. -بررسی پایدار بودن (همگنی) دوغاب تازه تا پیش از گیرش.
7	ASTM C1090	روش آزمون استاندارد برای اندازه گیری تغییرات ارتفاع آزمونه های استوانه ای دوغاب های سیمان هیدرولیکی	-اندازه گیری انبساط آزاد (در امتدادهای عرضی محصور و در امتداد طولی آزاد) دوغاب سخت شده ای که تا پیش از گیرش کاملاً محصور شده است.	-بررسی رفتار و عملکرد دوغاب سخت شده در زیر صفحه ستون و در محیط محصور. -نشست خمیری را اندازه نمی گیرد.

کنترل کیفیت

یکنواختی و ثابت بودن یک افزودنی در مراحل مختلف پروژه و ارسال های متعدد به کارگاه بایستی کنترل شود و برابری آن با آزمایش های اولیه به اثبات برسد. آزمون های لازم برای شناسایی و تایید افزودنی ها شامل: تعیین درصد مواد جامد، غلظت ظاهری، طیف سنجی برای مواد آلی، مقدار کلراید، درجه قلیایی (pH)، و برخی موارد دیگر می باشند. معمولاً با کنترل رنگ، بو، شکل ظاهری و اندازه گیری غلظت و مقدار pH می توان یکنواختی محموله های مختلف افزودنی های وارده به کارگاه را تایید یا رد کرد.

گروت (Grout) چیست

گروت مخلوطی از مواد سیمانی و آب، همراه با یا بدون سنگدانه می‌باشد که آب موجود در آن به حدی زیاد است که این ماده کاملاً جاری می‌شود. معمولاً میان گروت و مورتار (ملات) به اشتباه تفاوتی قائل نمی‌شوند و از اسامی آن‌ها به جای یکدیگر استفاده می‌کنند. در حالی گروت و مورتار تفاوت‌های زیادی با هم دارند. گروت نیازی به وجود سنگدانه ندارد، در حالی مورتار بایستی دارای سنگدانه‌ی مناسب باشد. گروت کاملاً می‌تواند جاری شود و روانی زیادی دارد، در حالی که مورتار این گونه نیست. از گروت برای پر کردن فضاهای خالی استفاده می‌شود، در حالی که مورتار برای چسباندن به کار می‌رود.از گروت برای پر کردن فضاهای خالی و تخلخل‌هایی که در عناصر مختلف ساختمانی ممکن است وجود داشته باشد، استفاده می‌شود. مخلوط کردن و تهیه‌ی گروت معمولاً ساده است و اگر به مقدار خیلی زیادی مورد نیاز نباشد، در همان محل پروژه انجام می‌شود. اما اگر مقدار گروت مصرفی زیاد باشد، سفارش به کارخانه‌های مربوطه داده می‌شود و گروت را با قیمت مناسب در آنجا تهیه خواهد شد.

گروت‌ها انواع مختلفی دارند که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به گروت اپوکسی، گروت سیمانی یا پایه سیمانی، گروت‌های پلیمری و گروت‌های منبسط کننده اشاره کرد. انتخاب نوع گروت مورد استفاده در هر موقعیت، بستگی به مطابقت و همزیستی گروت مورد

نظر با دیگر مواد موجود دارد. با در نظر گرفتن این شرایط و ویژگی‌های مختلف هر نوع، **گروت** مورد نظر انتخاب می‌شود.
گروت کاربردی در زیر صفحه ستون ها، آنکربلت ها، نصب ریل ماشین آلات، برینگ پل ها، بلت ها، ریل ها، حایل ها دارند.

✓ مهمترین مزایای گروت

از جمله مهمترین مزایای گروت ها این است که مکانی که در آن گروت ریخته می شود را کامل پر می کند. چون گروت منبسط شونده خاصیت غیر انقباضی دارد از گروت آماده جهت مصارف مختلفی مثل زیر صفحه ستون ها، آنکربلت ها، نصب ریل ماشین آلات، برینگ پل ها، بلت ها، ریل ها، حایل ها و ... استفاده می شود. گروت ها به گونه ای طراحی شده اند که توان جذب نیرو های وارد و انتقال آن ها را به بخش زیرکار داشته باشد برای مثال در هنگام نصب انواع ماشین آلات نیرو های وارده از آن ها توسط گروت یا ملات به فنداسیون بتنی منتقل می شود. ملات ها و گروت ها باعث مقاومت های مطلوب و مطمئن و همچنین اتصال پایدار بین ملات یا گروت و سازه ها قرار گیرد و بر روی آن گروت یا ملات قرار گیرد از یک طرف و سطح زیر کار از طرف دیگر می شود. بطور کلی دو روش ملات ریزی یا گروت ریزی در داخل حفرات در محل اتصال آنکرو وجود دارد.
بتن‌هایی که بر اثر آسیب دیدگی و ترک خوردگی در آن‌ها فضاهای خالی به وجود آمده است را می‌تواند با استفاده از گروت سیمانی ترمیم کرد. البته باید توجه داشته باشید که گروت صرفاً فضای خالی را پر می‌کند و از نظر سازه‌ای، بتن را ترمیم نمی‌کند. بنا بر این زمانی از گروت استفاده می‌شود که ترک و آسیب دیدگی در حال پیشرفت نباشد و یا عامل آسیب دیدگی شناسایی شده و از بین رفته باشد.علاوه بر آب، سنگدانه و سیمان پرتلند، ممکن است برای افزایش روانی گروت، از مواد افزودنی **روان کننده بتن MTOCRETE N-660** استفاده شود. نسبت آب به سیمان در مخلوط گروت معمولاً بین 0،4 تا 0،5 می‌باشد و این نسبت را میزان ترک خوردگی بتن تعیین می‌کند. به طور مثال، در یک گروت سیمانی معمولی، 20 لیتر آب را با 50 کیلوگرم سیمان به همراه 225 گرم افزودنی‌های ضد جمع شدگی و یا روان کننده مخلوط می‌کنند.
خاصیت ویژه‌ی گروت، یعنی روانی بالا، باعث می‌شود تا تزریق گروت به قسمت‌های مختلف بتن و پر کردن تخلخل‌های آن تسهیل شود.

✓ انواع گروت چیست؟

- گروت اپوکسی دو جزئی و سه جزئی
- گروت منبسط شونده و آماده
- گروت سیمانی اصلاح شده با مواد پلیمری بسپار
- گروت منبسط شونده بر پایه سیمان
- گروت پلیمری
- گروت اپوکسی
- گروت پایه سیمانی (گروت سیمانی)

✓ گروت پلیمری چیست؟

گروت پلیمری همان گروت سیمانی اصلاح شده با مواد پلیمری دارای دو جز می باشد.

✓ *فواید گروت پلیمری چیست؟*

گروت پلیمری دارای مقاومت کششی و خمشی بالا است.
گروت پلیمری دارای خاصیت آب بند کننده (ملات ترمیمی آب بند کننده بتن ASOCRET-IM) مطلوب است.
گروت پلیمری دارای خاصیت مقاومت سایشی بالا است.
گروت پلیمری دارای پیوند قوی با زیرسازی معدنی است.
گروت پلیمری دارای مقاومت بالا در برابر اثر آب شور دریا است.

✓ گروت اپوکسی چیست؟

گروت اپوکسی در حال حاضر توسط طیف گسترده‌ای از پیمانکاران مورد استفاده قرار می گیرد و روز به روز نیز به میزان مصرف آن اضافه می شود. در گروت اپوکسی بر خلاف گروت پایه سیمانی، از رزین های اپوکسی و پودر فیلر یا پر کننده استفاده شده است. گروت اپوکسی به شدت با دوام است و سطح صاف و بدون هیچ گونه لکه‌ای را به شما تحویل می دهد. به طور کلی گروت اپوکسی ویژگی های بسیار مثبتی دارد که آن را از موارد مشابه خصوصاً گروت پایه سیمانی متمایز می سازد. لازم است تا پیش از انتخاب مواد مورد نظر خود با ویژگی های آن آشنایی کامل حاصل کنیم تا بتوانیم بهترین گروت اپوکسی انتخاب را رقم بزنیم. گروت اپوکسی شکل پذیر و بدون حلال و شامل 3 جز می باشد. گروت اپوکسی دارای رزین اپوکسی، سخت کننده، عمل آورنده آمین و دانه بندی ویژه سیلیسی است. در هنگام مصرف گروت اپوکسی کافیست سه جز آن با هم مخلوط شوند.

✓ *فواید گروت اپوکسی چیست؟*

گروت اپوکسی باعث سخت شدن سریع سازه می شود که بستگی به دمای اطراف دارد. گروت اپوکسی دارای قابلیت بالای چسبندگی به زیر کار های معدنی و فولادی دارد. گروت اپوکسی دارای مقاومت در برابر ارتعاشات شدید است. گروت اپوکسی باعث سخت شدن بدون جمع شدگی است. گروت اپوکسی دارای مقاومت بالا در برابر حملات مواد شیمیایی است. گروت اپوکسی دارای مقاومت مکانیکی بسیار بالایی است.

✓ *موارد مصرفی گروت اپوکسی چیست؟*

گروت اپوکسی همانند انواع دیگر گروت دارای کاربردهای بسیاری می باشد و در موارد زیادی از آن استفاده می کنند. به خاطر چسبندگی فوق العاده‌ی آن به سطوح فلزی و بتنی از آن در اجرای زیر سری های فولادی، زیر صفحه ستون ها و تراز ماشین های سنگین استفاده می شود. برای پر کردن فضاهای خالی میان عناصر بتنی و فلزی نیز از آن استفاده می شود. در کف سازی ها خصوصاً در کاشی کاری و سرامیک نیز کاربرد بسیار زیادی دارد. گروت اپوکسی مقاومت بسیار بالایی در برابر ضربه دارد و در مقابل تغییر دما و حرارت نیز مقاوم است. گروت اپوکسی برای گروت کاری و ملات ریزی برای پیوند محکم سازه ای در شرایط باربری دینامیکی مناسب است.

✓ *ویژگی های مهم گروت اپوکسی*

مقاومت بسیار بالا، دوام و عمر طولانی از ویژگی های منحصر به فرد گروت اپوکسی می باشد که باعث شده‌اند تا به ماده‌ای پر مصرف در صنعت ساختمان سازی تبدیل شود. اما ویژگی های دیگری نیز در این گروت وجود دارد که باعث منحصر شدن آن می شوند. به طور مثال فیلر یا پر کننده‌ی مورد استفاده در گروت اپوکسی می تواند رنگ آن را تغییر دهد. در واقع شما می توانید رنگ مورد نظر خود را برای این گروت انتخاب کنید. این گزینه برای مواردی که در آن ها گروت اپوکسی عیان است، بسیار پرکاربرد خواهد بود. ویژگی بسیار مهم دیگری که در گروت اپوکسی وجود دارد این است که در برابر ضربات وارده بسیار مقاوم است و به هیچ وجه ترک نمی خورد. این مسئله باعث می شود تا گروت اپوکسی عمر بسیار طولانی ای داشته باشد و تا مدت ها نیازی به هیچ گونه ترمیم یا تعویض نداشته باشد. ویژگی ای که در صنعت ساختمان سازی بسیار مهم و مورد توجه است.

✓ *گروت اپوکسی در صنایع چیست؟*

گروت ریزی در کارخانه جات و ماشین آلات موتوری. گروت ریزی در ژنراتور ها. گروت ریزی در پمپ ها. گروت ریزی در ریل جرثقیل ها گروت ریزی در سیستم های انبار های بلند.

✓ گروت پایه سیمانی (گروت سیمانی)

گروت مخلوطی از مواد سیمانی، سیمان پرتلند معمولی یا سیمان بسیار ریز (بلین بالا) و آب با یا بدون ماسه یا افزودنی‌هاست. این مخلوط در ترکیبی با قوام و پمپ پذیر بدون جداشدگی زیاد اجزای تشکیل دهنده آن نسبت‌بندی می‌شود. گروت از داخل بازشدگی‌ها سطح سازه یا از سوراخ‌های دریل شده بازشوها به داخل، تزریق می‌شود. گروت سیمانی منبسط شونده چیست؟ گروت

سیمانی منبسط شونده با مقاومت اولیه و نهایی بالا و زودرس است که بستگی به دمای آب و هوایی محیط و زمان مصرفی دارد. این گروت بصورت پودر خشک بسته بندی شده، آماده مصرف می باشد و در هنگام ترکیب با آب، دارای خصوصیات انبساط حجمی دو مرحله است. انبساط اولیه گروت حاصل تصعید گازها بوده و هنگامی بوقوع می آید که پودر آن با آب ترکیب شود و به مدت 15 تا 30 دقیقه به طول انجامد. فاز دوم انبساط گروت نیز در اثر واکنش شیمیایی گیرش ملات است که یک یا دو روز بعد از اختلاط ملات آغاز می شود. به منظور حصول انبساط اولیه بهینه باید ملات را پس از اختلاط با آب سریعا مورد استفاده قرارداد. گروت مخلوط آماده ای از نوع گروت ضد سولفات بوده و دارای سیمان پرتلند ضد سولفات بر طبق نوع و پودر میکروسیلیکا می باشد. این گروت مخصوص دمای بالای 40 – 10 سانتی گراد بوده و چنانچه گروت ریزی در زیر دمای گفته شده صورت گیرد میزان کسب مقاومت کند تر خواهد شد. جهت کسب اطلاع از انواع گروت سیمانی و قیمت و نحوه خرید بهترین گروت پایه سیمانی می توانید با قسمت بازرگانی کلینیک بتن ایران تماس حاصل نمایید .

✓ *فواید گروت سیمانی چیست؟*

گروت سیمانی متشکل از کلیه مواد افزودنی لازم و مواد مورد نیاز سیمان و سنگدانه است و نیاز به هیچ نوع مواد دیگری به جز آب ندارد . این نوع از گروت دارای افزایش حجم کنترل شده است که با ایجاد سیستم انبساط گازی در مرحله بتن تازه، جمع شدگی و نشست در مواد را قابل جبران است.

✓ عملکرد های گروت چیست؟

گروت باید قوام یافته و سیال باشد و در حالت معمولی جاری شود. گروت نباید دچار جداشدگی آب و سنگدانه از هم شود و ته نشین نشود. گروت نباید دچار جمع شدگی قابل ملاحظه ای شود. گروت باید توان نگهداری آب ملات بتنی و سیمان را داشته باشد. گروت باید در حداقل زمان به مقاومت مطلوبی دست یابد. مجموعه موارد ذکر شده نیازمند همگونی مخلوط، مواد چسباننده و مصالح سنگی و مواد افزودنی باشد. اگر مخلوط گروت در کارگاه ساختمانی ساخته شود و از مصالح سنگی موجود استفاده شود، دانه بندی مناسب در گروت بدست نخواهد آمد و ضمانت لازم نیز امکان پذیر نخواهد بود. برای بدست آوردن **گروت MTOFLOW 600** درصد بهینه مواد چسباننده و افزودنی بتن و مصالح سنگی در چنین شرایطی از نظر تکنیکی تقریبا غیر ممکن خواهد بود و از نظر اقتصادی نیز کاملا غیر اقتصادی است. به همین دلیل است که از گروت مخلوط آماده ایده آلی برای گروت ریزی و گروت کاری استفاده می شود. این نوع گروت های مخلوط آماده تحت شرایط کنترل شده و فرموله شده و از پیش مخلوط شده در کارخانه بسته بندی می شوند. از آنجایی که خصوصیات عملکرد این مواد بطور دقیق مشخص و معلوم است، چنانچه طبق راهنمای سازنده بکار برده شوند و همچنین بطور مناسب مخلوط، تحکیم و عمل آوری شود، نتایج مثبت و رضایت بخشی را خواهید داشت.

✓ مهمترین عامل در انتخاب گروت چیست؟

برای یک کاربرد مشخص بستگی به شرایط و خواسته های مورد نیاز سرویس، گروت ریزی و یا گروت کاری دارد. هریک از این نوع گروت ها دارای خصوصیات و عملکرد مشخص و منحصر بفردی می باشند که پاسخگوی نیاز خواهند بود.

✓ وسایل مورد نیاز برای تزریق گروت

1. کمپرسور هوا با ظرفیت 3 تا 4 cum بر دقیقه و با ایجاد فشار 2 تا 4 کیلوگرم بر سانتی‌متر مکعب.
2. ماشین تزریق گروت یا پمپ گروت به همراه ابزار آلات فرعی آن. این پمپ باید قادر باشد تا گروت را 4 کیلوگرم بر سانتی متر مربع تزریق کند. تا کنون فناوری تا جایی پیشرفت کرده که پمپ‌هایی با قابلیت پمپاژ تا 20 کیلوگرم بر سانتی متر مربع گروت نیز موجود است.
3. دریل و وسایل مختلف مختص به آن
4. وسایل مورد نیاز برای تهیه و مخلوط کردن گروت

5. شلنگ‌های انعطاف پذیر مخصوص برای تزریق گروت به محل مورد نظر

در نظر داشته باشید گروت ها انواع مختلفی دارند از نوع g2 و g3 و g1 این محصولات مشخصات فنی متفاوتی نسبت به هم دارند و در جاها و در نوع های مختلف استفاده می شوند می توانید جهت بررسی و اطلاعات بیشتر در این زمینه و محصولات دیگر نیز از واحد فروش کلینیک بتن ایران اطلاعات جدید را دریافت فرمایید.

هر آنچه که باید درباره نحوه گروت ریزی بدانید

گروت ها به عنوان یک ماده مستقل و نیز به عنوان یک ماده ی تعمیر بتن کارآمد هستند. از گروت به دلیل مقاومت بالا تر از بتن معمول و همچنین خواصی نظیر توانایی کنترل بارهای دینامیکی ، قابلیت انبساط در نوع پایه سیمانی ، به عنوان پر کننده زیر صفحات و بیس پلیت های ستونهای فلزی، پمپ ها و جک ها و دستگاههای پرس و فن ها و روترهای سانتریفیوژ استفاده می شود. ترکیب گروت و ترمیم کننده و ترمیم کننده، ترمیم کننده الیاف دار برای سطوح ترمیم با مساحت ها یا عمق زیاد اقتصادی بوده و صدمه ای به عملیات ترمیم وارد نمی کند. به عنوان پر کننده ی حفرات میان بولت ها ترکیب گروت و **چسب بتن** ایده آل است. انواع گروت را می توان گروت اپوکسی و گروت پایه سیمانی و ... معرفی کرد.

✓ *طریقه مصرف گروت (گروت ریزی)*

گروتی مناسب است که دارای خاصیت غیر انقباضی(non-shrink) و مقاومت بسیار بالا می باشد. **گروت MTO FLOW 2500** فضای خالی زیر بیس پلیت و فونداسیون را تراز می کند. بنابراین قبل از نصب اسکلت، تراز بودن بیس پلیت باید توسط دوربین و نقشه بردار تایید گردد.همچنین بهتر است که قالب از دو طرف روبروی هم فاصله بیشتری با لبه صفحه فلزی داشته باشد تا در هنگام گروت ریزی هوا از سمت دیگر خارج شود . ضربه های کوچک به قالب و پلیت برای خارج شدن هوا بی تاثیر نیست. در صفحاتی با ابعاد بزرگ باید از زنجیر کشی استفاده کرد ، یعنی یک زنجیر کوچک از فضای گروت ریزی (مثلا در طول بیس پلیت) وارد شده و از طرف دیگر خارج می شود و به وسیله دو نفر به حالت طناب کشی به طرفین کشیده شده و نقش ویبره را بازی می کند.

✓ *مقدار مصرف گروت در زمان گروت ریزی*

از 3 ساعت قبل از گروت ریزی باید سطوح بتنی را کاملا غرقاب کرد (تا تشنگی بتن ، شیره گروت را جذب نکند) و در زمان گروت ریزی بهتر است آب اضافی را از روی سطح، خشک نمود. صفحات و شاسی فلزی تجهیزی که قرار است زیر آنها گروت ریزی انجام شود ، باید از هر گونه آلودگی پاک شده و بر روی آنها سوراخ هایی برای خروج هوا قرار داده شود. محل گروت ریزی باید به نحوی قالب بندی شده باشد که نشت رطوبت در آن اتفاق نیفتد. MTOFLOW 2500 گروت پایه سیمانی تیپ 2 شرکت کلینیک بتن ایران در بسته بندی 25 کیلویی و آماده مصرف عرضه شده و از 4 لیتر در حالت خمیری تا 6 لیتر در حالت روان به ازای هر کیسه آب مصرف می نماید.ابتدا باید آب را داخل ظرف مناسب ریخته و پودر را کم کم اضافه کرده و با یک میکسر مکانیکی، اختلاط را به مدت 5 دقیقه انجام داد. گروت ریزی تا 15 دقیقه پس از اختلاط انجام می گیرد. زمانی که ضخامت مقطع گروت ریزی کمتر از 15 سانتی متر باشد می توان در یک مرحله گروت ریزی کرد ولی برای ضخامت های بیشتر باید از سنگدان های با قطر 15 میلیمتر استفاده نمود تا ترک خوردگی ناشی از هیدراتاسیون کنترل گردد . گروت ریزی باید بدون قطع و پیوسته انجام پذیرد ، لذا قبل از انجام عملیات گروت ریزی می بایست حجم لازم و میزان مصرف محاسبه و تامین گردد. برای عمل آوری گروت 3 روز اسپری آب و همچنین محافظت با گونی خیس و مرطوب لازم است . در هوای گرم، گروت قبل از آماده سازی در هوای خنک قرار گیرد و بعد استفاده شود. خنک کردن ابزار گروت ریزی بسیار مهم است . گروت ریزی در ساعات گرم توصیه نمی شود. همینطور بهتر است بار گذاری بعد از 72 از عملیات گروت ریزی باشد.

✓ گروت ریزی با گروت سیال

روش گروت سیال در محل هایی که حفرات تقریبا بسته و مسدود و غیر قابل دسترسی بوده استفاده می شود ولی بیرون از آن، گروت کاری براحتی امکان پذیر است.

✓ نحوه استفاده از گروت ها

مخلوطهای گروت آماده

مخلوطهای گروت آماده جهت مصارف مختلفی چون زیر صفحه ستونها، آنکربلت ها (انکربولت، انکربلت)، نصب ریل ماشین آلات، برینگ پلها، پلت ها، ریلها، حایل ها و... کاربردی دارند. این گروتها به گونه ای طراحی شده اند که توان جذب نیروهای وارده و انتقال آنها به بخش زیرکار را داشته باشند.

برای مثال در هنگام نصب انواع ماشین آلات نیروهای وارده از آنها توسط گروت یا ملات به فنداسیون بتنی منتقل می گردند. ملاتها و گروتها موجب حصول مقاومتهای مطلوب و مطمئن و همچنین اتصال پایدار بین ملات و سازه ای که قرار است بر روی آن گروت یا ملات قرار گیرد از یک طرف و سطح زیر کار از طرف دیگر می گردند.

بطور کلی دو روش ملات ریزی در داخل حفرات در محل اتصال آنکربلت وجود دارد که عبارتند از :

- گروت یا ملات خشک (Dry-pack Mortar) : در این روش ملات با استفاده از نیروی تراکمی Tamping جایگذاری می شود.
- گروت یا ملات سیال (Flow Mortar) : بعلت روانی در هنگام ریختن، گروت یا ملات خود به خود جایگذاری می شود.

هرچند مصرف گروت یا ملاتهای نوع خشک بطور کاملاً رضایت بخشی در عمل در کارهای ساختمانی بکار برده می شود ولی این روش جایگذاری همیشه روش مناسبی نیست، به همین خاطر است که در عمل تمایل به استفاده از روش ملات سیال رو به افزونی دارد. روش ملات سیال در محلهایی که حفرات تقریباً بسته و مسدود و غیر قابل دسترسی بوده بیرون از آن، گروت کاری به راحتی امکان پذیر نیست کاربرد فراوان دارد.

چرا ملات های مخلوط گروت آماده ترجیح داده می شوند؟

ملاتهای گروت طراحی شده برای گروت کاری می بایست پاسخگوی کاربردها، عملکردها و نیازهای مشخصی همچون موارد زیر باشند.

- قوام یافته و سیال باشد و در حالت معمولی جاری شود.
- دچار جداشدگی آب و سنگدانه از هم نشده و ته نشین نشود.
- دچار جمع شدگی قابل ملاحظه نگردد.
- توان نگهداری آب ملات بتنی و سیمان را داشته باشد.
- در حداقل زمان به مقاومت مطلوب دست یابد.

مجموعه موارد ذکر شده در بالا نیازمند همگونی مخلوط، مواد چسباننده و مصالح سنگی (دانه بندی) و **مواد افزودنی بتن** هستند. چنانچه مخلوط گروت در کارگاه ساختمانی ساخته شود و از مصالح سنگی موجود استفاده بعمل آید، دانه بندی مناسب بدست نخواهد آمد و ضمانت لازم نیز امکان پذیر نخواهد بود. برای بدست آوردن درصد بهینه مواد چسباننده و افزودنی (اگر نیاز باشد) و مصالح سنگی در چنین شرایطی از نظر تکنیکی تقریباً غیر ممکن خواهد بود و از نظر اقتصادی نیز کاملاً غیر اقتصادی است. به همین دلیل است که ازملات مخلوط آماده گروت بطور ایده آل برای ملات ریزی گروت و گروت کاری استفاده بعمل می آید. این نوع ملاتهای مخلوط آماده گروت تحت شرایط کنترل شده و فرموله شده و از پیش مخلوط شده در کارخانه بسته بندی می شوند. از آنجایی که خصوصیات عملکرد این مواد بطور دقیق مشخص و معلوم است، چنانچه طبق راهنمای سازنده بکار برده شوند و همچنین بطور مناسب مخلوط، تحکیم و عمل آوری شوند، نتایج مثبت و رضایت بخشی را به دنبال خواهد داشت.

✓ ملاتهای گروت آماده

شرکت کلینیک بتن ایران تولید کننده و عرضه کننده گروتها و ملاتهای مخلوط آماده گروت بر پایه سیمان، رزین اپوکسی و پلیمری (بسپار) می باشد.

مهمترین عامل در انتخاب ملات گروت برای یک کاربرد مشخص بستگی به شرایط و خواسته های مورد نیازسرویس، گروت ریزی و یا گروت کاری دارد. هریک از این نوع ملاتها دارای خصوصیات عملکردی مشخص و منحصر بفردی می باشند که پاسخگوی نیازهای موجود خواهند بود.

- گروت منبسط شونده بر پایه سیمان
- گروت سیمانی اصلاح شده با مواد پلیمری
- گروت اپوکسی دوجزیی و یا سه جزیی
- گروت آماده منبسط شونده

ملات، گروت سیمانی منبسط شونده با مقاومت اولیه و نهایی بالا و زود رس که به دمای آب و هوایی محیط و زمان مصرفی بستگی دارد.این ملات بصورت پودر خشک بسته بندی شده، گروت آماده مصرف می باشد و در هنگام ترکیب با آب، دارای خصوصیت ویژه انبساط حجمی دو مرحله است.انبساط اولیه آن حاصل تصعید گازها بوده و هنگامی بوقوع می پیوندد که پودر آن با آب ترکیب می شود و به مدت 15 تا 30 دقیقه بطول می انجامد. فاز دوم انبساط نیز در اثر واکنش شیمیایی گیرش ملات است که یک یا دو روز بعد از اختلاط ملات آغاز می شود.به منظور حصول انبساط اولیه بهینه بایستی ملات را پس از اختلاط با آب سریعاً مورد استفاده قرارداد. گروت مخلوط آماده از نوع گروت ضد سولفات بوده و دارای سیمان پرتلند ضد سولفات بر طبق ASTM C 150 نوع V و پودرمیکروسیلیکا می باشد. این ملات مخصوص دمای بالای 10° c - 40° c بوده و چنانچه ملات ریزی در زیر دمای یاد شده صورت گیر و نرخ کسب مقاومت کندتر خواهد شد.

میزان مصرف گروت بر اساس تعداد صفحه ستون :

گروت (کیلوگرم)=2000(وزن مخصوص)×تعداد صفحه ها× مساحت یک صفحه(متر مربع)× ضخامت گروت ریزی (متر)

الف-گروت پایه سیمانی

استاندارد گروت پایه سیمانی ASTM C1107 است. بر این اساس انتظار می رود مقاومت فشاری گروت در بازه ی 5 تا 7 روز به 450 تا 550 کیلوگرم بر سانتیمتر مربع رسیده و این عدد در 28 روز به 800 کیلوگرم بر سانتیمتر مربع نزدیک شود (در استاندارد BS تا 1000 نیز گفته می شود). به این گروت، گروت تیپ G2 نیز گفته می شود. نمونه گیری از گروت در قالب های 3 تایی و در ابعاد 5×5×5 سانتیمتر (برای نمونه های سیمانی که به صورت ریزدانه یا پودر هستند – مشابه ترمیم کننده های بتن- از این ابعاد استفاده می شود) و به صورت روان، نیمه خشک و کم آب نمونه گیری می شود. وزن مخصوص بسته به مصرف آب برای محاسبه در زیر بیس پلیت ها بین 1800 تا 2200 کیلوگرم در متر مکعب است. در مبحث نهم مقررات ملی اشاره ای به عدد مشخص برای مقاومت فشاری بتن نشده و تنها به این جمله بسنده شده که کمی بالاتر از مقاومت بتن فونداسیون باشد. به دلیل وجود افزودنی منبسط کننده که در فصل اول به آن اشاره شد، گروت تا 0/3 درصد ازدیاد حجم دارد و این کمک می کند در زمان عمل آوری یا کیورینگ زیر صفحه و استراکچر یا شاسی فلزی کاملا پر شده و اصطلاحا لق نمی زند.

ب- گروت اپوکسی

محصول سه جزئی شامل رزین اپوکسی و هاردنر پلی آمین و پودر سیلیسی است . مقاومت فشاری و کششی بالا (تا 1100 کیلوگرم بر سانتیمتر تحمل فشار و 120 کیلوگرم بر سانتیمتر مربع تحمل کشش) باعث شده تا تاب خوبی در برابر فشارهای دینامیکی و نیروهای خمشی – برشی داشته باشد. این ترکیب به سهولت اجرا شده و در محل نصب به سرعت سخت می شود. بنابراین در اورهال و تعمیرات با مدت زمان کوتاه و فشرده قابل استفاده است. گروت اپوکسی MTOFLOW 650 علاوه بر این ، برای انکراژ و کاشت بولت تجهیزات صنعتی مانند کمپرسورها ، پمپ ها ، سوپر فن ها و استراکچرهایی که متحمل بار دینامیکی

می شوند مناسب است. این محصول تیپ G3 (G3 type) بوده و البته در صورت سفارش کارفرما می تواند از سنگدانه هایی با قطر کوچکتر نیز تولید گردد. بسته بندی محصول شامل 16 کیلوگرم پودر، 3 کیلوگرم رزین اپوکسی و 1 کیلوگرم هاردنر بوده ، که این ترکیب برای گروت ریزی مساحت 1 متر مربع به ضخامت 1 سانتیمتر مناسب است. باید توجه داشت پیش از ترکیب این مواد محل گروت ریزی آماده شده و به دلیل چسبندگی زیاد گروت ، قالب ها با روغن آزاد کننده قالب مثل MTOOIL 450 آغشته شود. اشتعال زا بودن رزین و هاردنر اپوکسی اهمیت عدم انجام عملیات برش گرم یا جوشکاری و همینطور کشیدن سیگار را در محل گروت ریزی را دو چندان می کند. هنگام ترکیب ، واکنش رزین و هاردنر بتن حرارت زاست و این طبیعی است ، اما چون این حرارت در احجام ترکیب بزرگ به اشتعال منجر می گردد ، بهتر است ترکیب رزین و هاردنر در حجم خیلی بزرگ صورت نگیرد. طریقه ترکیب گروت اپوکسی به این صورت است که ابتدا رزین با هاردنر مخلوط شده و میکس می گردد، سپس پودر به نحوی که حبس هوا صورت نگیرد ترکیب شده و مجددا ترکیب مذکور به هم خورده تا ژل و ملات روان یک دستی حاصل گردد.

✓ قالب گذاری در مخلوط ملات

طراحی قالبها باید به گونه ای باشد که در حین گروت و ملات ریزی هیچگونه تغییر و جابجایی در آنها بوجود نیاید. قالبها را باید بالاتر از سطح گروت کاری در نظر گرفت. این مقدار اضافی را باید برای اطراف نیز در نظر گرفت. در گروت و ملات ریزی بایستی اطمینان حاصل نمود که هوای محبوس درون ملات از آن خارج شود.

پس باید روزنه های باز را در سمت مخالف محل گروت و یا ملات ریزی و یا در گوشه ها و زاویه ها تعبیه نمود. این روزنه ها محلی برای بررسی گروت و ملات ریزی در حین کار خواهند بود.

ژوینهای موجود در قالبها و یا هر نوع وسیله فاصله دهنده در محل اتصال قالبها، زیرکار با محلهای نصب و سوار کردن باید برای جلوگیری از نشت شیره ملات مسدود شوند. برای اینکه این قالبها براحتی باز شوند می توان از مواد رها کننده قالب همچون روغن قالب با کیفیت بالا استفاده به عمل آورد و از مواد پارافینی نیز برای ملاتهای اپوکسی استفاده کرد.

✓ آماده سازی مخلوط ملات

هر جا که امکان مصرف ملات مخلوط آماده وجود دارد می توان از تمامی محتوی بسته استفاده نمود. در صورت چند جزیی بودن مواد، می توان آنها را با هم مخلوط نمود و در صورت یک جزیی بودن ملات می توان از دستورالعمل استفاده نمود. باید توجه داشت که حتماً یک نمونه کوچک از ملات تهیه شود و همچنین در هنگام اختلاط اپوکسی، به علت هزینه بالای آن بهتر است راهنمای سازنده را بطور دقیق اجرا نمود.

رعایت نکات زیر برای آماده سازی مخلوط ملات الزامی است:

- مواد تشکیل دهنده ملات از قبل آماده شده سیمانی خشک و یا مصالح سنگی بخش اپوکسی را باید تماماً در یک ظرف خالی کرد و کاملاً مخلوط نمود تا در اثر جابجایی در حمل و نقل ته نشینی در آن بوجود نیاید.
- اصلاح نمودن مخلوط نسبت بندی شده توسط مواد افزودنی دیرگیر یا افزودنی زودگیر مجاز نمی باشد.
- ملاتهای مایع را باید با سرعت کم مخلوط نمود تا از هوادهی به درون مخلوط ملات جلوگیری به عمل آید. در چنین حالاتی حبابهای هوای وارد شده به درون ملات بر روی سطح ملات مایع آمده و در هنگام نصب صفحه ستونها و ماشین آلات موجب کاهش اتصالات بین ملات آنها می گردد. در صورتی که امکان داشته باشد بهتر است تا عمل هواگیری (Ventilater) از مخلوط ملات به صورت محدود انجام شود.

✓ کارگذاری مخلوط (ملات ریزی)

هنگام گروت ریزی در زیر صفحه ستونها و... باید محل ریختن کاملاً از ملات پر شود. ملات سیمانی باید بطور پیوسته ریخته شود. چنانچه از فشار ملات ریزی کاسته شود، به حالت شل (Sluggish) در آمده و نهایتاً روانی آن از بین رفته و روان کردن مجدد آن مشکل خواهد بود. در این رابطه ملات رزینهای مصنوعی دارای مصرف راحت تری هستند. این ملاتها در هنگام ریخته شدن به شکل آهسته و مطمئن در جریان خواهند بود تا اینکه به بخش مقابل قالب برسند. حتی در صورتی که عمل ریختن ملات به دلیلی

متوقف شود به محض اینکه ملات جدید ریخته شد، ملات قبلی شروع به حرکت می کند. برای اینکه مابین سطح ملات ریخته شده و زیر صفحه ستون فاصله ای بوجود نیاید سطح ملات ریخته شده از سطح زیرین صفحه ستون پایین تر بیاید.

برای اینکه جریان روان ملات در زیرصفحه ستون به سادگی امکان پذیر باشد باید اعمال زیر را به انجام رسانید :

1. کوبیدن ملات با استفاده از میله اسلامپ و یا یک قطعه چوب از محل ریختن ملات (روزنه)
2. کشیدن حلقه هایی از سیم یا زنجیر از طرف مقابل روزنه
3. کوبیدن آرام بر روی پهلوهای قالب به وسیله چکش

✓ عمل آوری مخلوط ملات

تمامی ملاتهای سیمانی و اپوکسی برای اینکه از تبخیر سریع رطوبت در امان باشند باید عمل آوری شوند. عمل آوردن ملات با استفاده از مواد پوشش دهنده (کیورینگ) و یا با استفاده از گونی خیس پس از ریختن ملات به انجام می رسد و با توجه به شرایط آب و هوایی سه روز ادامه می یابد. در این میان ملاتهای اپوکسی احتیاج به **مواد عمل آورنده بتن** خاصی ندارند.

✓ نمونه کاربردی ملات گروت مایع

ملات و گروت مایع به انکر بولت نمودن زیر صفحه ماشین آلات، باید توان جذب نیروهای استاتیکی و دینامیکی و انتقال آنها از ملات به زیرکار بتنی را داشته باشد. انواع تنشهای کششی، برشی، فشاری و بار دینامیکی ممکن است بیش از اندازه بار استاتیکی باشند. برای اطمینان از اینکه بار وارده تماماً به زیر کار انتقال می یابد باید چسبندگی بین صفحه زیرسری و ملات مناسب باشد. به همین خاطر است که باید از تمرکز تنش های منطقه ای جلوگیری کرد پس در نتیجه ملات باید عاری از هر نوع حباب هوا بوده و دارای قوام و روانی مطلوب باشد. ملات نیز باید به صورت پیوسته و بدون توقف به انجام برسد.باید توجه داشت که قبل از گروت ریزی اطراف انکربلتها، گروت کاری شوند و پس از آن ملات زیر صفحه در یک مرحله ریخته شود.

پی (فوتینگ) ستونها و دیوارهای حایل

در این نوع زیرکار، ملات و گروت تنها نقش جذب نیرو و انتقال بارهای استاتیکی را ایفا می کنند

صفحه ستونهای فولادی

در مکانهایی که اندازه های فوتینگ مناسب باشند پیشنهاد می شود از روش جای دادن مواد خشک (Dry pack) برای اجرای گروت و یا ملات کاری استفاده شود. اگر قرار بر این باشد که زیر صفحه ستونها از ملات مایع پر شود باید حتی الامکان از آب آوری و ایجاد حباب هوا در ملات جلوگیری به عمل آید.

ستونها پیش ساخته بتنی با آرماتورهای اتصال آماده

در این حالت باید اطمینان حاصل نمود که حفره های طراحی شده به شکل مناسبی گروت کاری شده اند. این نوع انکرها می توانند به دو صورت به انجام رسند.

- این طرح از نظر تکنیکی ترجیح داده می شود. زیرا اتصال فولاد به بتن بهتر کنترل شده و مطمئن تر است.
- اثر توقف در حین ملات ریزی در کل ملات ریزی دارای کمترین حساسیت می باشد.

انکربلتها

برای گروت کاری انکربلتها و پن ها، مخلوط ملات باید به حد کافی قوام و روانی داشته باشد تا سطح اتصال بلتها و جداره حفره ها را بخوبی آغشته از مواد چسبنده نماید. حفرات تعبیه شده باید به اندازه ای باشند تا فاصله کافی برای جریان یافتن ملات در اطراف بلت را مهیا نمایند. حداقل فاصله بین شفقت بلت با جداره حفره باید تقریباً سه برابر بزرگترین اندازه دانه بندی موجود در مخلوط ملات باشد.

پر کردن حفرات بزرگ

در هنگام پر کردن حفرات بزرگ باید تمایل جمع شدگی ملات سیمانی را در نظر گرفت. همین مساله را در مورد ملات رزین اپوکسی نیز باید در نظر داشت (زیرا با واکنش حرارت زا همراه است.) با افزودن مصالح سنگی درشت دانه به مخلوط آماده گروت تمامی این تاثیرات جبران می گردند.

الف) افزودن مخلوط سنگی درشت دانه به ملات مخلوط شده

با توجه به اندازه حفرات می توان از مصالح سنگی با اندازه های متفاوت استفاده کرد(اندازه های...، 32-16، 16-8، 8-4 میلیمتر). مقدار مصالح سنگی درشت دانه بسته به درجه کارایی مورد نظر تعیین می شود و معمولاً بین 10٪ تا 50٪ (وزنی) مخلوط آماده می باشد. سنگدانه های گرد گوشه و صاف، کارایی بهتری را بوجود می آورند.

ب) پر کردن حفرات از قبل

بجای افزودن مصالح سنگی درشت دانه به ملات مخلوط آماده می توان از روش دیگری نیز استفاده کرد. در این روش حفره با مصالح سنگی درشت تا یک ارتفاع مشخص پر شده و بر روی آن ملات ریخته می شود. این عمل در چند مرحله صورت می گیرد تا حفره پر شود.برای استفاده از این روش که در اجرای Epoxy Grout گروت سیمان اصلاح شده با پلیمر توصیه می شود.

ابتدا ملات مخلوط آماده را داخل حفره ریخته و پس از آن مصالح سنگی بر روی ملات ریخته شده و در نهایت نیز عمل اختلاط ملات و سنگدانه به انجام می رسد.

عملیات فوق را باید مرحله به مرحله تا پر شدن حفره به انجام رساند.

کاربرد موارد مشابه برای گروت

رزین اپوکسی دو جزیی

آنکر کردن افقی و روی تاجی

در مکانهایی که امکان گروت ریزی درجا برای آنکربلت ها بعلت افقی بودن و یا واقع شدن بر روی تاج وجود ندارد، حفرات را طوری طراحی می کنند تا (Fastener) (حفره و یا سوراخ دریل شده و...) را توسط ملات مخلوط آماده گروت پر کرده، آنکربلت را در وسط آن قرار داده و با فشار به داخل آن فرو می کنند. در این روش ملات مخلوط به گونه ای سخت خواهد بود که حفره دریل شده واقع بر روی تاج را با آن پر می کنند اما چیزی از این ملات بیرون نمی ریزند و همچنین به گونه ای نیز پلاستیکی است که می توان آنکربلت را بدون اعمال فشار زیاد به داخل ملات فرو کرد.

✓ دو خاصیت مهم مخلوط ملات شامل موارد زیر است

1. در هنگام سکون سخت و در هنگام بهم خوردن روان شود (Thixotrop)
2. خاصیت مربوط کنندگی مطلوبی از خود بروز دهد و توان چسبندگی مناسبی را از خود نشان دهد و به بتن و فولاد به خوبی بچسبد.

✓ چسباندن صفحه های فلزی کوچک

صفحه های کوچک فلزی را می توان بدون بروز هیچگونه مشکلی بر روی سطوح تاج و سطوح عمودی با مصرف گروت رزین اپوکسی متصل نمود.تزریق در حفراتی که نمی توان آنها را گروت ریزی نمود .

در مکان هایی مانند مابین حایل ها و تیر ریزی ها که به مقاومت بالا و چسبندگی مطمئن نیازمند می باشد (مثلاً زمانیکه تعمیرات سازه ای انجام می شود). در محلهایی که فضای کافی برای روان شدن ملات بین اجزاء سازه وجود، در چنین شرایطی می توان از تزریق ملات رزین اپوکسی دو جزیی برای پر کردن فضا و حفرات موجود با استفاده از دستگاه تزریق استفاده نمود. برای این منظور عملیات با پر کردن ته حفره آغاز می شود و در حین تزریق آرام و آرام دستگاه به بیرون کشیده می شود.

واتراستاپ (Waterstop) یا آب بند

آب بند یا واتر استاپ (Waterstop) عنصری مورد استفاده در سازه های بتن است که برای جلوگیری از نفوذ مایعات (مخصوصا آب) در مفاصل و درزهای آن تعبیه می‌شود. در تولید واتراستاپ‌ها از مواد مختلف و گسترده ای استفاده می‌شود که هر کدام دارای ویژگی‌های خاص خود می‌باشند. بنا به نیازهای مورد نظر در هر سازه، جنس واتر استاپ مورد نظر انتخاب می‌شود.

نحوه ی عملکرد و کاربرد واتر استاپ‌ها به این صورت است که آن‌ها طول مسیر جریان و حرکت آب و یا مایعات دیگر را طولانی می‌کند تا آب نتواند نفوذ کند. همه ی واتر استاپ‌ها معمولا دارای آج هستند که باعث چسبندگی و افزایش طول مسیر آب می‌شود. نوارهای آب بند کننده واتراستاپ باید دارای انعطاف پذیری زیاد بوده تا با ابعاد و حجم سازه‌های بتنی و با پیچیده شدن نوع مقاطع و شرایط اجرا تغییر شکل یافته و متناسب با ابعاد و اندازه های سازه از نظر ضخامت، پهنا، نوع آج‌ها و تغییرات حفره و ... طراحی گردند. از جمله مهمترین ویژگی‌های کیفیتی واتراستاپ درصد ازدیاد طول، مقاومت کششی و سختی آن بوده که باید با الزامات استاندارد مطابقت داشته باشد و همچنین ماندگاری **واتراستاپ** در شرایط مختلف از جمله محیط های قلیایی حائز اهمیت است و باید مورد توجه قرار گیرد، در غیر این صورت واتراستاپ در محیط قلیائی بتن کیفیت خود را به سرعت از دست داده و دچار تغییر حالت گشته و منجر به نشت و بروز سایر مشکلات کیفی نظیر ترک خوردگی و نشست تکیه گاهی سازه و ... می‌گردد

مفاصل و محل‌هایی که در آن‌ها دو بتن مختلف در کنار هم قرار گرفته اند، بیش‌ترین ضعف را در برابر نفوذ آب و دیگر مایعات را دارا هستند. برای جلوگیری از وقوع آن، در تمامی مفاصل بتن‌ها بایستی از واتراستاپ استفاده شود. واتر استاپ عنصری مهم و تاثیر گذار در ضد آب بودن کل سازه و نگهداری از آن در برابر آب است. در میان مهندسان و طراحان سازه، زمانی که حرف واتر استاپ به میان می‌آید، اولین چیزی که در ذهنشان شکل می‌گیرد، واتراستاپی از جنس پلاستیک یا لاستیک است. تقریبا از اواسط دهه ۱۹۵۰ میلادی، پلی وینیل کلرید یا همان پی وی سی (PVC) پر استفاده ترین واتراستاپ بوده است. در کنار مقاومت و انعطاف پذیری بالا، کار با این نوع مواد در نصب و جوشکاری راحت تر است. همچنین جدا از مقاومت در برابر آب، در برابر مواد شیمیایی محلول در آب‌های زیرزمینی نیز مقاوم است. در کنار پی‌وی‌سی، از مواد مختلف فلزی، پلاستیکی، آسفالتی و مواد هیدروفیلی نیز در ساخت بهترین واتراستاپ‌ها استفاده می‌شود. که هر کدام ویژگی‌های منحصر به خود را دارند.واتر استاپ تنها یک کار در بتن انجام می‌دهد و آن هم جلوگیری از نفوذ آب به مفاصل بتن می‌باشد. به عبارت دیگر واتر استاپ‌ها نمی‌توانند جلوی نفوذ بخار آب و رطوبتی را که از طریق ترک خوردگی‌های بتن وارد آن می‌شوند را بگیرند. مگر آن که به طور جداگانه برای ترک‌های بتن نیز واتراستاپ نصب گردد.

✓ انواع واتراستاپ ها در سازه های مختلف بتنی

1-واتر استاپ PVC

2-واتر استاپ هیدروفیل

3-واتراستاپ بنتونیتی

1. واتراستاپ پی وی سی PVC

واتراستاپ های پی وی سی در فرم ها و سایزها مختلفی ساخته و عرضه می شوند. انتخاب واتراستاپ مناسب بستگی به نوع مفصل شما دارد، خصوصا این که مفصل متحرک است یا خیر. **واتراستاپ پی وی سی** با قرار گرفتن در مفاصل بتنی به عنوان یک میان پرده‌ی ضد آب از ورود هر گونه مایعات به داخل بتن جلوگیری می نماید.

2. واتر استاپ هیدروفیلی

واتر استاپ هیدروفیلی به منظور رفع نشت درزهای اجرایی و مقاطع قطع بتن ریزی است که **واتراستاپ های هیدروفیلی** با استفاده از پلیمرهای لاستیکی و پلیمر با خاصیت ارتجاعی بسیار بالا طراحی شده است.

3. واتراستاپ بنتونیتی

نوار آب بند بنتونیتی یا **واتراستاپ بنتونیتی** محصولی است کارآمد و بر پایه سدیم بنتونیت فعال در ماتریس بوتیل رابر که خاصیت ارتجاعی بسیار بالایی با افزایش حجم نیز دارد. واتر استاپ بایستی با مواد خام که هیچ گونه عیب و نقص ندارند، ساخته شوند. انواع مختلفی از مواد وجود دارند که با توجه به نیازهای مختلف از آن‌ها در ساخت واتراستاپ استفاده می‌شود.

مفاصل و درزهای بتن به دو بخش اصلی تقسیم می‌شوند: 1.درزهای ثابت و 2. درزهای حرکتی. درزهای ثابت خود بر دو نوع هستند. درزهایی که بر اثر عوامل اجرایی به وجود می‌آیند، مثلا قطع بتن ریزی و عدم پیوستگی به دلایل گوناگون. نوع دیگر، درزهایی است که ممکن است بر اثر ترک خوردگی به وجود بیایند. درزهای حرکتی به دسته ی درزهای انبساط حرارتی، انقباضی و ترکیبی تقسیم می‌شوند. برای درزهای ثابت و بدون حرکت، معمولا استفاده از واتر استاپ هیدروفیلی توصیه می‌شود. برای درزهای حرکتی نیز از واتراستاپ‌های مکانیکی مخصوص استفاده می‌شود.

واتراستاپ ها در چه نقطه ای از بتن قرار میگیرند :

1.واتر استاپ‌های میانی

2.واتر استاپ‌های کفی (واتراستاپ‌هایی که در کف استخر و حوض‌ها از آن‌ها استفاده می‌شود)

3.واتراستاپ‌های روکار.

✓ ویژگی های یک واتر استاپ استاندارد

از **مزایای یک واتراستاپ استاندارد** می توان گفت باید بدون حباب، ترک یا انقباض، عدم زیری سطح، بدون بریدگی، دارای یکنواختی رنگ و ضخامت یکدست در راستای طولی باشد. **جهت خرید انواع واتراستاپ ها با قیمت مناسب و ارزان می توانید با مشاوران فنی کلینیک بتن ایران در ارتباط باشید.**

اتوی واتراستاپ

1. به کمک دستگاه هویه (اتوی واتراستاپ) دو سر واتراستاپ را گرم کرده تا به حالت مذاب درآید سپس دو سر واتراستاپ را بر روی یکدیگر قرار می دهیم تا اتصال انجام شود که پس از سرد شدن به صورت یکپارچه در می آید .

2. به وسیله چسب های صنعتی که برای اتصال نرم مناسب می باشد اتصال دو سر واتراستاپ صورت می گیرد، بدین ترتیب که تقریبا 30 سانتی متر از دو سر واتراستاپ را به صورت اورلب بر روی هم قرار داده و میان آنها را از چسب مورد نظر آغشته کرده و تحت فشار قرار می دهند تا کاملا یکدیگر را جذب نمایند

کیورینگ بتن | عمل آوری بتن

عمل آوری (کیورینگ) حفظ میزان رطوبت و دمای مناسب بتن در سنین اولیه آن (پس از عملیات بتن ریزی) است، به گونه ای که بتن بتواند به خصوصیات طراحی شده دست پیدا کند. عمل آوری بلافاصله پس از بتن ریزی و پرداخت کاری شروع می گردد به گونه ای باید عمل کرد که بتن بتواند به مقاومت و پایایی مطلوب دست پیدا کند.

بدون فراهم آوردن رطوبت مناسب ، مصالح سیمانی بتن قادر به واکنش دهی مناسب جهت پدید آمدن محصولی با کیفیت نیستند. تبخیر آب یا خشک شدن زود هنگام بتن ممکن است آب مورد نیاز برای انجام واکنش های شیمیایی در بتن را ازبین ببرد (که منظور از واکنش شیمیایی هیدراسیون گفته می شود) و در نتیجه بتن قادر به رسیدن به خواص مطلوب خود نمی باشد.

با توجه به سرعت هیدراسیون، دما عامل مهمی در عمل آوری مناسب است، در نتیجه ی پیشرفت در کسب مقاومت در دماهای بالاتر سریع تر اتفاق می افتد. به طور کلی دمای بتن برای دستیابی به سرعت مناسب در کسب مقاومت باید همواره بیش از 10 درجه ی سانتیگراد (50 درجه فارنهایت) باشد.علاوه بر این به هنگام کسب مقاومت دمای مشابهی نیز باید درون بتن فراهم آید تا از پدید آمدن ترکهای حرارتی جلوگیری شود. برای بتن های نمایان، رطوبت اضافی و شرایط وزش باد نیز عوامل مهمی محسوب میشوند. این دو عامل با اثر گذاشتن بر سرعت از دست دادن رطوبت بتن سبب پدید آمدن ترک، کاهش کیفیت سطح بتن و نیز دوام آن میگردند. برای جلوگیری از ترک خوردگی انقباضی خمیری در نظر گرفتن تدابیر احتیاطی جهت کنترل نمودن تبخیر رطوبت از سطح بتن قبل از قرارگیری آن در محل ضروری است

✓ دلایل مهم جهت انجام کیورینگ (عمل آوری) بتن

الف: دستیابی به مقاومت از پیش تعین شده

تستهای آزمایشگاهی نشان میدهند که بتن در محیط های خشک بالغ بر نیمی از مقاومت خود را در مقایسه با بتنی که در محیطی مرطوب عمل آوری شده است از دست میدهد. بتنی که در دمای بالا ریخته شده است به سرعت به مقاومت اولیه میرسد اما به مرور زمان ممکن است از مقاومتش کاسته شود. ریختن بتن در هوای سرد بدون تمهیدات لازم موجب میشود که زمان بیشتری طول می کشد تا بتن مقاومت اولیه را کسب کند و همچنین در معرض یخ زدگی قرار خواهد گرفت.

ب: بهبود دوام و پایایی بتن در برابر عوامل محیطی

بتن خوب عمل آوری شده سطحی سخت تر ونیز مقاوم تر در برابر آب سطحی و سایش خواهد داشت. همچنین عمل آوری مناسب و خوب نفوذپذیری بتن را کاهش میدهد که این عمل مانع از ورود رطوبت و مواد شیمیایی مخرب موجود در آب به درون بتن میشود. و در نتیجه **افزایش مقاومت بتن با عمل آوری** را منجر می شود.

کیورینگ بتن یا عمل آوری مرحله‌ای بعد از بتن ریزی است که هدف از آن حفظ و ارتقا ویژگی های مختلف بتن به وسیله‌ی جلوگیری از کاهش رطوبت بتن می باشد. در نتیجه واکنش هیدراسیون بتن به خوبی صورت می پذیرد. از آن جایی که هیدراسیون سیمان ساعت ها، روزها و حتی هفته ها زمان می برد، لازم است تا کیورینگ مناسب هم زمان با این واکنش بر روی بتن انجام شود تا به بالاترین مقاومت و دوام بتن دست پیدا کنیم. هم چنین کیورینگ بتن با مقاومت بالا شامل کنترل دمای بتن در حال هیدراسیون نیز می باشد، چرا که دما نیز یکی از عوامل تأثیرگذار بر روی هیدراسیون سیمان است. این که **کیورینگ بتن** چه مدت زمانی طول می کشد، بستگی دارد به ویژگی هایی که ما از بتن می خواهیم. همچنین به میزان رطوبت و دمای محیطی که در آن بتن ریزی صورت پذیرفته نیز ارتباط دارد.

✓ چگونگی کیورینگ (عمل آوری) بتن

رطوبت مورد نیاز برای عمل آوری بتن :

از بتن باید در مقابل از دست دادن رطوبت تا زمانیکه اندود کاری نهایی صورت میگیرد با استفاده از روشهای مناسبی مانند مانع باد، اسپری های پرکننده برای جلوگیری از پدید آمدن ترکهای انقباضی خمیری محافظت نمود. پس از تسطیح نهایی، سطح بتن

باید حداقل برای مدت چند روز بطور مداوم مرطوب یا پوشیده بماند تا از فرآیند تبخیر جلوگیری شود. برای مثال به جدول زیر توجه کنید:

حداقل زمان مورد نیاز برای عمل آوری بطوریکه به نیمی از مقاومت مشخص شده برسد		
سیمان تیپ 1	سیمان تیپ 2	سیمان تیپ 3
درجه حرارت:10 درجه سانتیگراد		
روز	9روز	3روز6
درجه حرارت:21 درجه سانتیگراد		
روز	6روز	3روز4

مقادیر ارائه شده در جدول فوق تقریبی بوده و بر اساس آزمایش مقاومت سیلندری.

سیستم هایی که بتن را مرطوب نگه می دارند عبارتند از:

الف: گونی و یا حصیرهایی کتانی ویا آبپاش.بایستی دقت شود تا به پوشش هایی که اشاره شد اجازه ی جذب آب وخشک نمودن بتن داده نشود. لبه ها ی بتن نیز باید پوشانده شوند

ب: زمین مرطوب،ماسه،یا خاک اره را میتوان برای عمل آوری محل کار بکار برد،مخصوصا کف ها. بایستی دقت شود تا هیچگونه تجمع زنگ آهن و مواد آلی در مصالح بکار رفته دیده نشود.

ج: آب پاشیدن مداوم سبب میشود تا دمای هوا بالای نقطه انجماد قرار بگیرد. نباید به بتن مابین خیس شدن ها اجازه ی خشک شدن داد.زیرا خیس و خشک شدن متناوب در هنگام عمل آوری قابل قبول نیست.

کنترل دما:

در هوای سرد در 24 ساعت اولیه نباید به بتن اجازه داد تا با سرعتی بیش از 3 درجه ی سانتیگراد در هر ساعت سرد شود. بتن تا زمانیکه به مقاومت فشاری مناسبی (حداقل 3،5 مگاپاسکال) برسد باید در مقابل یخبندان توسط مصالح عایق محافظت شود. روشهای عمل آوری بتن که رطوبت را حفظ میکنند در زمانیکه احتمال یخبندان وجود دارد به جای عمل آوری خیس استفاده می شوند.در هوای گرم، دمای اولیه ی عمل آوری بالاتر منجر به دستیابی سریعتر به مقاومت می شود و مقاومت نهایی را کاهش میدهد. در تابستان عمل آوری با آب میتواند منجر به دمای پایین تری جهت عمل آوری بتن شود.تغییرات دمای شب وروز که بیشتر از 3 درجه ی سانتیگراد در هر ساعت باشد، در 24 ساعت اولیه مجاز نمی باشد.یکی از قسمتهای مهم در عملیات بتن ، عمل آوری بتن است . عمل آوری (کیورینگ)، یعنی نگه داشتن مقدار رطوبت و دمای بتن در حدی رضایت بخش در طی دوره ای مشخص ، که بلافاصله پس از بتن ریزی و اتمام عملیات پرداخت آغاز میشود ، چنانکه بتن بتواند به خواص مورد نظر برسد به عبارت دیگر فرایندی که از افت رطوبت بتن جلوگیری کرده و دمای بتن در حد رضایت بخش حفظ شود ، را عمل آوری بتن گویند .عمل آوری بتن بر خواص بتن سخت شده مانند دوام ، مقاومت ، آب بندی ، مقاومت سایشی ، ثبات حجمی ، مقاومت در برابر یخ زدن و آب شدن ، نمکهای یخ زدا، تاثیر بسزایی می گذارد .

✓ اهداف کیورینگ یا عمل آوری بتن

1- جلوگیری از کاهش رطوبت یا تامین رطوبت از دست رفته

2- حفظ دمای بتن در حدی مطلوب به مدت زمانی معین

3- توسعه مقاومت بتن با تکمیل عملیات هیدراسیون سیمان

✓ مدت کیورینگ یا عمل آوری بتن

مدت زمانی که بتن باید از نظر کاهش رطوبت محافظت شود، به نوع سیمان، نسبت اجزای مخلوط ، مقاومت مورد نیاز، اندازه و شکل عضو بتنی، هوای محیط و به شرایط بعدی که بتن در معرض آن قرار خواهد گرفت ، یستگی دارد . در این مقاله همه شرایط یکسان فرض شده و فقط نوع سیمان مصرفی (سیمان پرتلند دو – سیمان پرتلند پوزولانی) که اکثرا" در سازه های بتنی مورد استفاده قرار میگیرد ، بررسی و نتیجه گیری میشود .تاثیر عمل آوری در رطوبت بر مقاومت را می توان بصورت نمودار زیر که برای بتن با نسبت آب به سیمان 0/50 بدست آمده است ، مشاهده کرد .

جدول ۷-۵-۳ حداقل زمان عمل آوردن بتن

نوع سیمان	شرایط محیطی پس از ریختن بتن در قالب*	دمای متوسط سطح بتن **		
		۵ تا ۱۰ درجه سلسیوس	بالاتر از ۱۰ درجه سلسیوس	هر دمایی بین ۵ تا ۲۵ درجه سلسیوس
نوع ۱ و ۲ و ۵	متوسط	۴ روز	۳ روز	$\frac{۶۰}{T+۱۰}$ روز
	ضعیف	۶ روز	۴ روز	$\frac{۸۰}{T+۱۰}$ روز
همه سیمانها به جز نوع ۱ و ۲ و ۵ و همه سیمانهای حاوی مواد پوزولانی یا دوباره‌ای	متوسط			
	ضعیف	۱۰ روز	۷ روز	$\frac{۱۴۰}{T+۱۰}$ روز
همه سیمانها	خوب	اقدامی خاص ضرورت ندارد		

* شرایط محیطی مندرج در این ستون به شرح زیر تعریف می‌شوند:
خوب: محیط مرطوب و محافظت شده (رطوبت نسبی بیشتر از ۸۰ درصد و محافظت شده در برابر تابش مستقیم خورشید و باد).
ضعیف: محیط خشک و محافظت نشده (رطوبت نسبی کمتر از ۵۰ درصد و محافظت نشده در برابر تابش مستقیم خورشید و باد).
متوسط: شرایطی بین دو حد خوب و ضعیف.
** درصورتیکه دمای سطح بتن اندازه‌گیری یا محاسبه نشود، می‌توان آنرا معادل دمای هوای مجاور سطح بتن فرض کرد.

نمودار فوق نشان می دهد که بتن ساخته شده با سیمان پرتلند و نگهداری شده در محیط کارگاهی ، و بدون عمل آوری و مراقبت تقریبا" 52 درصد مقاومت مورد نیاز را کسب می کند و پس از سه روز ، هفت روز ، حالت مرطوب کامل به ترتیب 78 درصد و 90 درصد و 125 درصد افزایش می یابد .

بتن ساخته شده با سیمان پرتلند پوزولانی به علت پایین بودن میزان حرارت هیدراتاسیون این نوع سیمان نسبت به سیمانهای دیگر و ماهیت دیرگیر بودن آن تا 90 روزه ، درصد کمتری نسبت که سیمان پرتلند دارد و نگهداری بیشتری را می طلبد .

دمای محیط و تاثیر آن بر بتن

دما محیط فاکتور مهمی در عمل آوری بتن می باشد ، بی شک افزایش درجه حرارت عمل آوری باعث تسریع واکنش های شیمیایی هیدراسیون میگردد ، ولی اثرات نامساعد درجه حرارت زیاد بر مقاومت بعدی در عمر بتن متفاوت است . در روزهای اول عمر بتن که رطوبت مورد نیاز عمل هیدراسیون در داخل بتن وجود دارد ، افزایش درجه حرارت روند کسب مقاومت بتن را افزایش می دهد . اما بعد از 28 روز که عملیات هیدراسیون نسبتا" تکمیل شده است ، افزایش درجه حرارت موجب کاهش رطوبت بتن میشود و روند کسب مقاومت بتن کاهش می یابد .حداقل نسبت آب به سیمان برای هیدراسیون کامل سیمان تقریبا 0/22 تا 0/25 است .مادام که سیمان هیدرات نشده موجود باشد ، افزایش مقاومت بتن نسبت به زمان ادامه می یابد ، مشروط بر اینکه بتن مرطوب باقی بماند یا رطوبت نسبی داخل بتن بیش از 80 درصد بوده و دمای بتن نیز مناسب و مطلوب باشد .

سیمان پرتلند پوزولانی با توجه به مواد جانشین سیمان، خیلی بکندی مقاومت کسب می نماید ، بنابراین احتیاج به یک زمان عمل آوری نسبتا طولانی نسبت به سیمان پرتلند معمولی دارد و براین اساس توصیه میشود که برای سیمان پرتلند پوزولانی در دمای کمتر از شش درجه حتما از مواد افزودنی بتن استفاده شود .

✓ روش ها و مواد عمل آوری (کیورینگ) بتن

بتن را می توان به کمک سه روش عمل آوری، مرطوب نگه داشت :

1- روش هایی که با اشباع کردن محیط پیرامون بتن، حضور آب اختلاط در بتن را در دوره سخت شدن اولیه حفظ می کنند . این روش ها شامل ایجاد برکه یا غوطه ور کردن، آبپاشی و پوشش های خیس اشباع شده مانند گونی خیس می باشد .

2- روش هایی که از طریق اندود کردن سطح، از کاهش آب اختلاط بتن جلوگیری می کنند . این کار را می توان از طریق پوشاندن بتن با کاغذ نفوذ پذیر یا ورقهای نایلون انجام داد .

3- روش هایی که با تامین حرارت و رطوبت اضافی برای بتن، رشد مقاومت آن را تسریع می کنند. این کار معمولا با بخار زنده، سیم پیچ های گرما زا، قالبها یا بالشتک هایی که با برق گرم می شوند، انجام میگیرد .

✓ روش های کیورینگ بتن به صورت کلی

از آن جایی که هدف نهایی از عملیات کیورینگ جلوگیری از کاهش رطوبت بتن در طول زمانی است که بتن مقاومت کسب می کند، این کار به صورت کلی به دو روش انجام می شود: اولین روش این است که ما با اعمال شرایط مختلف برای بتن از کاهش و از دست رفتن رطوبت آن جلوگیری می کنیم. مثلاً پوشاندن بتن با پارچه های خاص و غیره. روش دوم نیز این است که ما به صورت مداوم به بتن آب اضافه کنیم تا رطوبتی که از آن کم شده جبران شود. پاندینگ یا اسپری کردن آب بر روی بتن یکی از مثال هایی است که در این روش می توان به آن اشاره کرد.

1.کیورینگ به وسیله‌ی آب

کیورینگ بتن به وسیله‌ی آب اگر به صورت درست و استاندارد انجام شود، یکی از بهترین و مناسب ترین روش هاست، خصوصا برای بتن ریزی در کف، این روش مناسب تر است.

2.پاندینگ

پاندینگ یا درست کردن حوضچه یکی از راه هایی است که عملیات کیورینگ بتن به وسیله‌ی آن انجام می گیرد. پاندینگ یکی از روش های بسیار موثر برای کیورینگ بتن است و هم زمان در ثابت نگه داشتن دمای بتن نیز موثر است. اما این روش تنها در بتن ریزی های کوچک و مقادیر کم کاربرد دارد و در پروژه های بزرگ نمی توان از آن استفاده کرد.

3.اسپری کردن آب

اسپری کردن یا پاشیدن آب بر روی سطح بتن نیز یکی از کارآمدترین روش های **کیورینگ بتن** است. برای این که این کار به صورت مناسب صورت پذیرد، آب باید به صورت مداوم بر روی بتن اسپری شود و فاصله‌ای بین آن نیفتد، چرا که ایجاد فاصله می تواند باعث خشک شدن و در نتیجه بروز مشکلات دیگری بشود. یکی از معایب مهم این روش هزینه‌ی نسبتاً بالای آن است. این روش به مقدار زیادی آب و همچنین نظارت مناسب احتیاج دارد.

4.استفاده از پوشش های خیس

استفاده از پوشش های خیس یکی دیگر از روش های کیورینگ به وسیله‌ی آب است. در این روش از پوشش هایی با جنس هایی که آب را در خود به خوبی نگه می دارند استفاده می شود و از طریق قرار دادن آن ها بر روی بتن، رطوبت آن حفظ می شود.

5.کیورینگ به وسیله ورقه

روش های کیورینگ بتن به وسیله‌ی ورقه جزو بهترین ها نیستند و بیشتر از آن ها در موارد استثنایی استفاده می شود. نکته‌ی مثبت آن ها این است که در مواردی که سطوح کاملاً افقی و عمودی هستند بسیار خوب جواب می دهند.

6.ورقه های پلی تن

یکی از روش های حفظ رطوبت در بتن پوشاندن آن به وسیله‌ی ورقه های پلی تن می باشد. کار با این مواد بسیار آسان است و بعد از اتمام کیورینگ می توان آن ها را جمع آوری کرد و در پروژه های دیگر نیز از آن ها استفاده کرد.

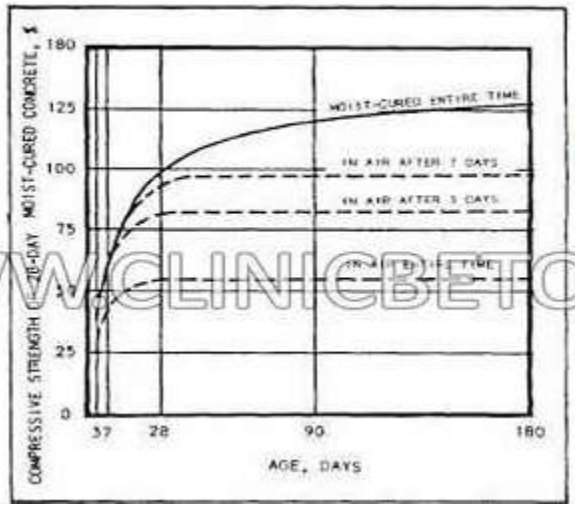
7.کیورینگ به وسیله‌ی غشا یا پوسته

این روش به مانند روش قبلی نیز شاید خیلی موثر نباشد، اما یک مزیت بسیار مهم دارد و آن هم این است که نیاز به نظارت ندارد. در این روش مواد کیورینگ بتن به صورت یک پوسته یا غشا بر روی سطح بتن قرار داده می شوند. این مواد معمولاً به روی سطح بتن اسپری می شوند. در هنگام اسپری کردن یا قرار دادن این مواد بر روی بتن، باید دقت شود که تمام سطوح بتن پوشانده شده است و هیچ قسمتی بدون غشا باقی نماند.

✓ روش های کیورینگ بتن برای سازه های مختلف

اضافه کردن آب به سیمان پرتلند باعث تشکیل چسبی می‌شود که همراه با واکنشی شیمیایی به نام هیدراسیون سنگدانه‌های را به یکدیگر می‌چسباند. این واکنش در نهایت منجر به تشکیل یک سنگ مصنوعی به نام بتن می‌گردد. نرخ و درجه‌ی هیدراسیون و مقاومت نهایی بتن، همگی به پروسه‌ی کیورینگ بتن که پس از بتن‌ریزی و در حین گیرش بتن صورت می‌گیرد، بستگی دارد. واکنش هیدراسیون تا زمانی که در مخلوط بتن آب وجود داشته و دمای محیط مناسب باشد، ادامه می‌یابد. درست در زمانی که آب تمام شود، هیدراسیون متوقف شده و دیگر قابل بازراه‌اندازی نیست. کیورینگ بتن از زمان قرار گرفتن بتن در قالب و شکل مورد نظر آغاز شده و تا زمانی که بتن به صورت کامل سخت شود، ادامه دارد. در طول این مدت، اقدامات ضروری و مشخصی بایستی صورت گیرد که بتن در حالت مرطوب و در دمای حدود 22 درجه سانتی گراد بماند.ویژگی‌های مختلف بتن، اعم از مقاومت در برابر چرخه‌ی انجماد و ذوب شدن آب، مقاومت، مقاومت در برابر آب، مقاومت در برابر فرسایش و ثبات حجم و یا افزایش دوام و عمر بتن به این نکته بستگی دارد که کیورینگ تا زمانی که واکنش هیدراسیون در حال انجام است، ادامه پیدا کند. به منظور اطلاع از نحوه خرید و قیمت انواع کیورینگ بتن می توانید با مشاوران تخصصی **کلینیک بتن ایران** در تماس باشید .

طول مدت زمان کیورینگ به ویژگی‌های مختلفی از جمله نوع سیمان مورد استفاده، مواد مورد استفاده در مخلوط، مقاومت مورد نظر، اندازه و شکل سنگدانه‌ها، آب و هوای محیط و شرایط محیطی در آینده بستگی دارد. کیورینگ بتن می‌تواند بین چند روز تا چند ماه طول بکشد.



WWW.CLINICBETON.IR

✓ تاثیر کیورینگ مرطوب بر روی مقاومت فشاری بتن

برای بیشتر سازه‌ها، کیورینگ بتن بین دو تا سه هفته طول می‌کشد. مدت زمان را مشخصاتی که پیش از این نیز ذکر کردیم مشخص می‌کنیم. هم‌چنین در پل‌ها و در مناطقی بتن که در معرض حملات شیمیایی قرار دارند، کیورینگِ بلند مدت‌تری نیاز دارد.

روش‌های کیورینگ بتن حفظ رطوبت و دمای مناسب هیدراسیون وجود دارد.

روش‌های کیورینگ به دو دسته‌ی اصلی تقسیم می‌شوند:

1.روش‌هایی که رطوبت به بتن می‌افزایند.

2. روش‌هایی که از کاهش رطوبت بتن جلوگیری می‌کنند.

روش‌های کیورینگ مبتنی بر اضافه کردن رطوبت به بتن

این روش‌ها که به جای رطوبت از دست رفته‌ی بتن، به آن‌ها رطوبت اضافه می‌کنند شامل «پاشیدن آب بر روی بتن» و «پوشاندن بتن با کاورهای مرطوب» می‌شود. جفتِ این روش‌ها در طول زمان‌های اولیه‌ی گیرش و کیورینگ به سطح بتن آب اضافه می‌کنند. هم‌چنین از طریق تبخیر بتن را خنک می‌کنند. این مورد در خصوص بتن‌هایی که در مناطق گرم هستند بسیار مهم است.

روش‌های کیورینگ مبتنی بر جلوگیری از کاهش رطوبت بتن

این روش‌ها شامل اقداماتی از جمله پوشاندن بتن با کاغذ ضد آب، پلاستیک و یا مواد مخصوص می‌باشد. این پوشش‌ها باعث عایق شدن بتن در برابر از دست رفتن و کاهش رطوبت می‌شوند. در بین این روش‌ها، مزیت کاغذ ضد آب در این است که می‌تواند بتن را در حالت‌های مختلف افقی و عمودی بپوشاند. مواد مخصوص پوشاندن بتن نیز مزیت‌های بسیاری دارند. یکی از مهم‌ترینِ آن‌ها این است که پس از کیورینگ مرطوب بتن و در مراحل دیگر کیورینگ نیز مفید واقع می‌شوند.

نتیجه گیری مبتنی بر روش های کیورینگ بتن

1- نظر بر اینکه روند توسعه مقاومت سیمان پرتلند پوزولانی به درجه فعال بودن پوزولان و نسبت سیمان پرتلند در مخلوط بستگی دارد ، لذا کارخانه های تولید کننده سیمان پرتلند پوزولانی بایستی مشخصات کامل سیمان و درجه فعال بودن پوزولان را بصورت کامل به اطلاع مصرف کنندگان برسانند .

2- زمان لازم برای عمل آوردن را نمی توان به سادگی توصیه نمود و لیکن معمولا" حداقل مدت هفت روز را برای بتن ساختن شده با سیمان پرتلند معمولی توصیه می نمایند و حداقل مدت ده روز را برای بتن ساختن شده با سیمان پرتلند پوزولانی معمولی توصیه میشود .

3- با توجه با اندازه و شکل سازه ، مدت زمان عمل آوری سازه ها متفاوت می باشد و در این راستا دالها و سقف های تیرچه بلوک که دارای ضخامت کمتر و سطح بیشتر هستند ، نسبت به تیرها و ستونها و فونداسیون ساختمان ، نیازمند مدت زمان عمل آوری بیشتر و مناسب تر می باشد .

شاتکریت| بتن پاششی | بتن پاشی

بتن پاشی، اسپری کردن بتن یا شاتکریت (به انگلیسی shotcrete؛ مرکب از دو کلمه ی shot و concrete) است. معنی شاتکریت را می توان به معنی پاشیدن بتن یا شات کریت نام برد و فرآیندی است که در آن مخلوط بتن به صورت اسپری شده به محل مورد نظر پاشیده می‌شود. هدف از انجام دادن چنین پروسه ای، این است که محصول نهایی ما، مقاومت بالا و نفوذپذیری کمی داشته باشد. یکی از ویژگی‌های اصلی بتن که همیشه عنوان می‌شود، شکل‌پذیری بالای آن است (البته ممکن است تصورش را نمی‌کردید که بتن تا این حد انعطاف‌پذیر باشد) و در واقع شاتکریت یکی از بهترین استفاده های ما از این ویژگی منحصر به فرد بتن می‌باشد. در پاسخ به این سوال که **شاتکریت** یا بتن پاششی چیست می توان گفت این نوع بتن برای تعمیر سازه های موجود و همچنین کارهایی که به قالب بندی نیاز ندارد و یا شکل های پیچیده با ضخامت کم مورد استفاده قرار می گیرد. عموما برای پوشش داخلی تونل ها و تانک ها و مخازن بتن پیش تنیده کاربرد دارد و از مصارف دیگر آن برای پایدار کردن صخره های سنگی شیب دار، پوشش دادن صفحات فولادی به منظور ایجاد سپر ضد آتش می توان نام برد. بتن پاشی یا شاتکریت به فرآیند **اجرای بتن** با فشار هوا و سرعت بالا بر روی سازه یا سطح اطلاق می شود. در این روش بتن متشکل از سیمان، ماسه و سنگدانه به صورت لایه ای متراکم خود نگهدار و باربر بر روی سطح قرار می گیرد. سرعت بالای شاتکریت باعث فشرده شدن بتن به صورت دینامیکی می شود.

✓ بتن پاششی و ملات ترمیمی بتن

بتن پاششی و ملات ترمیمی پاششی بتن در سالهای اخیر در ساخت و ساز مهندسی اهمیت افزوده ای یافته است. یکی از ویژگی هایی که در بتن پاششی باید تامین شود حداقل ریخته پاش و بازگشت بتن از سطحی است که بتن بر روی آن پاشیده می شود . چسبندگی زیادی که با استفاده از مواد قوام آور به دست می آید به طور قابل ملاحظه ای باعث کاهش بازگشت می شود .لایه های ضخیم از ملات ترمیمی پاششی بدون مواد افزودنی تندگیر کننده یا **ضد یخ بتن** ممکن است از شکم دادگی در سطوح عمودی آسیب ببینند . این مشکل می تواند با استفاده از شاتکریت الیافی با الیاف ریز کاهش یابد اما با استفاده از مواد قوام آور بیشتر می توان به حل این مشکل کمک نمود. جهت جایگزین شاتکریت می توان به الیاف ماکروسینتتیک اشاره کرد.

✓ کاربردهای بتن پاششی یا شاتکریت

1.ترمیم و بازسازی سازه های بتنی و بتن های قدیمی
2.ایجاد پوشش نگهدار اولیه تونل ها
3.پایدار سازی شیب های خاکی و شنی
4.پایدارسازی سازه های زیرزمینی
5.پایدارسازی معادن
6.لاینینگ کانال ها
7.جلوگیری از فرسایش خاک
8.استخرسازی
و ...

✓ انواع شاتکریت یا بتن پاششی

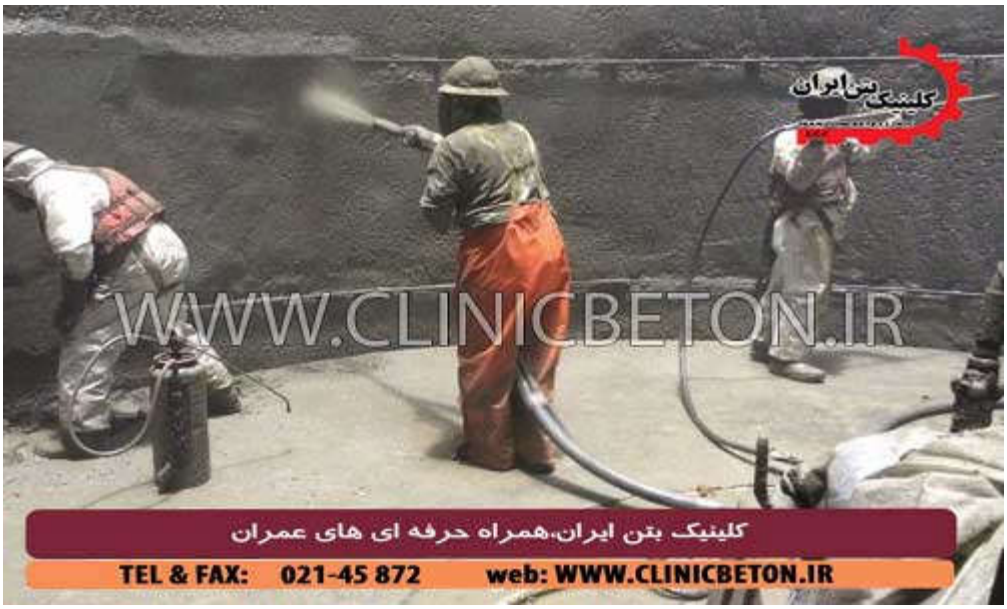
بتن پاشیده بسته به مقدار و نحوه اختلاط آب به دو روش تقسیم می شود.

1.شاتکریت مخلوط خشک (Dry Mix Shotcrete)
2.شاتکریت مخلوط تر (Wet Mix Shotcrete)

شاتکریت نسوز یا ضد حریق یکی از انواع شاتکریت هاست.

شاتکریت بتن پاششی مخلوط خشک (Dry Mix Shotcrete)

در این روش آب مورد نیاز بتن در هنگام خروج مواد از نازل به آن افزوده می شود.مخلوط بتن متشکل از سیمان، ماسه و شن تنها با مقدار کمی آب جهت کاهش گرد و غبار توسط فشار هوا به سطح پاشیده می شود.آب مورد نیاز جهت هیدراسیون سیمان به مواد در حال پمپاژ اضافه می شود. این روش جهت تعمیر و ایجاد روکش سطحی با ضخامت های کمتر از 10 cm اجرا ی شود.



در گذشته به علت در دسترس بودن و قیمت کم وسایل مورد نیاز شاتکریت از این روش استفاده می شد.

مزایای شاتکریت بتن پاششی مخلوط خشک

مزایای شاتکریت بتن پاششی مخلوط خشک می توان به حمل آسان مواد خشک این روش اشاره کرد که در مسافت های طولانی علی الخصوص کاربرد های معدنی، بسیار پر اهمیت بود. قیمت مناسب شاتکریت بتن پاش مخلوط خشک از دیگر مزایای این نوع است .

معایب شاتکریت بتن پاششی مخلوط خشک

از معایب شاتکریت بتن پاششی مخلوط خشک می توان به ایجاد گرد و غبار فراوان هنگام اجرا، هیدراته نشدن ملات به دلیل مخلوط نشدن مناسب مواد با آب و هدر رفتن قسمت عمده مصالح (15 تا 50 درصد) به دلیل هیدراته نشدن ملات اشاره کرد. همچنین به دلیل استفاده از مصالح دانه ریز در ترکیب شاتکریت یا بتن پاششی ، مقاومت مکانیکی پایینی دارد. به دلیل وجود آب زیاد احتمال ترک خوردن بتن پس از خشک شدن وجود دارد.

شاتکریت مخلوط تر (Wet Mix Shotcrete)

در این روش ابتدا مصالح مورد استفاده با آب مخلوط شده و افزودنی های دیگر به آن اضافه می شود. سپس ملات مورد استفاده در دستگاه پاش شاتکریت ریخته شده و توسط فشار هوای دستگاه شاتکریت به سطح مورد نظر پمپاژ می شود. میزان آب این مخلوط باید به گونه ای باشد که امکان پمپاژ توسط لوله وجود داشته باشد. ضخامت مناسب لایه ی بتن پاشیده در این روش در دیوار ها cm50 و سقف cm20 می باشد.

مزایای شاتکریت مخلوط تر

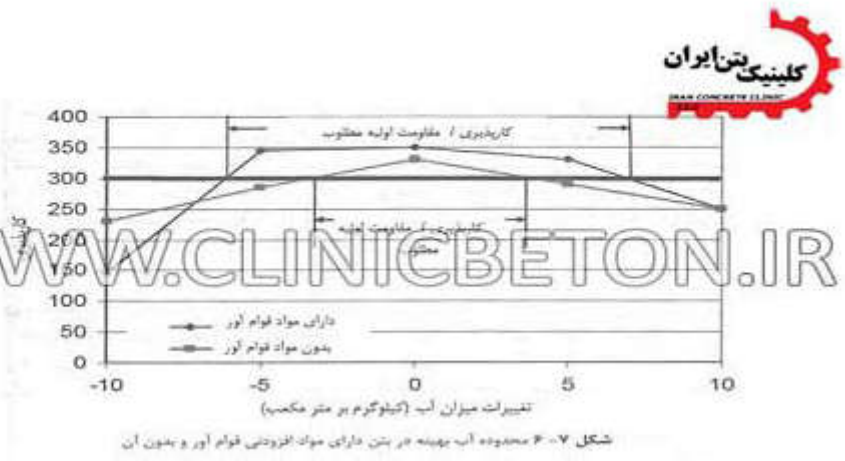
1.عدم نیاز به قالب بندی که موجب کاهش هزینه های نیروی انسانی و لوازم قالب بندی می شود
2.افزایش دید اپراتور به دلیل عدم نیاز به قالب بندی
3.مناسب جهت روکش کردن پایه پل و لاینینگ تونل ها
4.افزایش مقاومت مکانیکی با استفاده از مصالح دانه درشت
5.اجرای سازه های منحنی، قوس دار و غیر منظم
6.افزایش چسبندگی بین بتن و میلگرد
7.امکان تثبیت و پایداری کوه ها و صخره های طبیعی
8.مناسب جهت اماکنی که احتمال خوردگی بتن و آتش سوزی دارند با افزایش ضخامت لوله های بتنی
9.کاهش نفوذپذیری بتن
10.آب بندی سطح
11.مقایسه دو روش شاتکریت خشک و تر
12.امکان حمل آسان مواد در مسافت زیاد در شاتکریت خشک
13.امکان استفاده از لایه های ضخیم تر در شاتکریت تر
14.ریزش و هدر رفت کمتر مصالح در هنگام اجرا شاتکریت تر
15.افزایش مقاومت مکانیکی با استفاده از مصالح دانه درشت شاتکریت تر نسبت به خشک
16.امکان کنترل میزان آب مصرفی و نسبت آب به سیمان شاتکریت تر
17.امکان استفاده از فیبر های فولادی و پروپیلن در بتن شاتکریت تر
18.کاهش استهلاک دستگاه های شاتکریت تر نسبت به خشک
19.کیفیت شاتکریت به عواملی از جمله کیفیت مواد، تجهیزات و روش اجرا، مهارت اپراتور، کنترل آب مخلوط، سرعت نازل و تکنیک پاشش بستگی دارد. در صورت عدم رعایت این موارد مشکلات ایجاد شده نیازمند حذف و اجرای مجدد شاتکریت است. از این رو استفاده از افراد ماهر جهت اجرای شاتکریت از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است.

✓ شاتکریت بتن سبک

اغلب سنگدانه های سبک دارای خلل و فرج و جذب آب زیادتر از سنگدانه های معمولی هستند . این ویژگی سبب می شود آب به آسانی جذب شده و در نتیجه باعث کاهش آب مخلوط و کاهش کارایی بتن شود. پمپ کردن بتن سبک دانه اگر سنگدانه ها قبلا خیس نخورده باشند و اشباع نشده باشند مشکلات دیگری را ظاهر می کند. فشار ناشی از پمپ شاتکریت و قیمت پمپ شاتکریت سبب داخل کردن آب در سنگدانه ها شده که سبب خشک شدن مخلوط و بسته شدن خطوط پمپ خواهد شد . مواد قوام آور می تواند این مشکل را با کاهش میزان آب قابل جذب مرتفع کند. علاوه بر آن استفاده از سنگدانه های نیمه اشباع در بتن سبک را امکان پذیر نماید . مواد قوام آور مزیت دیگری در بتن سبک نیز دارند و آن بهبود همگنی بتن است. چگالی شاتکریت کم سبکدانه ها باعث غوطه ور شدن آن ها در بتن هایی با کارایی زیاد می شود، مواد قوام آور باعث افزایش لزجت خمیری شده و از غوطه ور شدن جلوگیری کرده و مخلوط را همگن نگه می دارد .

✓ شاتکریت بتن نیمه خشک پیش ساخته

محصولات بتنی ساخته شده از بتن نیمه خشک به مقدار حداکثر محدود گردد . برقراری تعادل بین آب مورد نیاز برای مقاومت اولیه و آب مورد نیاز برای تراکم و هیدراتاسیون سخت امکان پذیر میشود . استفاده از مواد قوام آور باعث افزایش محدوده میزان بهینه آب مورد استفاده می شود.



WWW.CLINICBETON.IR

شکل ۷- ۶ محدوده آب بهینه در بتن دارای مواد افزودنی قوام آور و بدون آن

بنابراین در صورت استفاده از مواد افزودنی قوام آور در بتن می توان بسیاری از مشکلات رایج در بتن های نوین را بهبود بخشید و یا به طور کامل رفع نمود . در جدول 7 -2 ، مشکلات رایج در انواع بتن های نوین و نحوه اثر گذاری ماده افزودنی قوام آور به طور خلاصه بیان شده است :

✓ شاتکریت پودری MTOSHOT\P

MTOSHOT\P یک افزودنی زودگیر کننده بدون خطر و فاقد قلیایی است که در عملیات بتن پاششی به روش خشک استفاده می شود. این محصول به صورت پودر عرضه می گردد و مقادیر مصرف آن بسته به زمان گیرش دلخواه و سخت شدن بتن متغیر است.

شاتکریت پودری MTOSHOT\P

پودر زودگیر کننده قوی برای بتن پاشی به روش خشک، غیر قلیایی و بی خطر

✓ فواید شاتکریت پودری چیست ؟

خاصیت زودگیر کنندگی این محصول امکان می دهد که :

اجرای لایه هایی به ضخامت 100 تا 150 میلیمتر روی دیوار و یا سقف در یک مرحله پاششی فراهم آید. (همانند زودگیر کننده

های آلومیناتی).
انجام مراحل کار سریع تر می شود.
✓ فرمول بی نظیر شاتکریت پودری
باعث توسعه عالی مقاومت های زودرس می شود.
کاهش مقاومت بلند مدت را محدود می کند.
دوام بتن را در مقایسه با زودگیر کننده های سنتی بهبود می بخشد.
طبیعت غیر خطرناک و غیر سوزنده بودن این محصول :
از سوختگی های پوستی جلوگیری نموده و شرایط محیط کار را بهبود می بخشد.
ملاحظات حمل و نقل را کاهش داده و باعث صرفه جویی اقتصادی می شود.
ورود نمک ها به آب جاری را کاهش می دهد.
✓ محدودیت های کاربردی شاتکریت پودری
MTOSHOT\P برای همه کارهایی که نیاز به مقاومت کوتاه مدت و دراز مدت زیاد و اجرای لایه های ضخیم دارند مناسب است.
1.نگهداری موقت و دائم صخره ها
2.اجرای پوشش (آستر) نهایی (اجرا در یک مرحله)
3.عملیات تعمیری
4.تونل ها و شاتکریت تجهیز تونل
5.معادن
بسته بندی شاتکریت پودری MTOSHOT\P در کیسه های 20 کیلوگرمی عرضه می گردد.

مشخصات فیزیکی و شیمیایی شاتکریت پودری **MTOSHOT\P**

مخصوص	۸/۰ - ۹/۰ gr/cm^3
فیزیکی	پودر
	سفید
قلیایی	۵/۶ - ۵/۷
کلراید	کمتر از ۰/۱ درصد

✓ مقادیر مصرف شاتکریت پودری
مقادیر مصرف MTOSHOT\P، بستگی به عواملی چون :
دمای بتن، هوا، و **سیمان** مصرفی دارد. با توجه به زمان گیرش و مقاومت اولیه دلخواه مقادیر مصرف بین 5 تا 10 درصد وزن سیمان متغیر است. مصرف مقادیر بیشتر از 10 درصد باعث کاهش مقاومت نهایی می گردد. در هر حال انجام آزمایش های کارگاهی توصیه می شود.
✓ روش اجرای شاتکریت پودری
آماده سازی بستر کار شاتکریت پودری :
سطح زیر کار بایستی تمیز و عاری از تکه های سست باشد و فقط کمی خراشیده می شود.
حساسیت سیمانی

سن: پیشنهاد می شود فقط از سیمان تازه استفاده شود. زیرا سیمان های کهنه باعث تاثیر منفی در مختصات گیرش مخلوط بتن می شوند.
نوع سیمان: MTOSHOT\P به نوع سیمان حساسیت دارد. با برخی از سیمان ها مختصات گیرش خیلی کند است. این حساسیت با کم نمودن نسبت آب به سیمان جبران می شود. پیشنهاد می شود از سیمان پرتلند معمولی (OPC) یا سیمان زود سخت شونده (RHPC) استفاده شود که به طور معمول مختصات زودگیر شاتکریت بهتری نسبت به سیمان ترکیبی و یا ضد سولفات دارند. در هر حال تاکید می شود که انجام آزمایش های مقدماتی برای کنترل زمان گیرش و مختصات مقاومت 24 ساعته بر روی سیمان مصرفی در دستور کار قرار گیرد.

نحوه ارزیابی مختصات مقاومت 24 ساعته

گیرش اولیه	گیرش نهایی	مقاومت ۲۴ ساعته
۲دقیقه	۶تا ۸ دقیقه	۱۸تا ۲۰ مگاپاسکال
۵دقیقه	۸تا۱۲‘	۱۲تا ۱۵ مگاپاسکال
بیش از۱۰‘	بیش از۱۵‘	کمتر از ۱۰ مگاپاسکال

توجه : چنانچه زمان گیرش کوتاه باشد، مقاومت 24 ساعته خوب است. زمانی که گیرش به آرامی انجام می شود اجرای لایه های پاششی تا ضخامت 50 تا 70 میلیمتر به طور عمودی و 30 تا 50 میلیمتر به طور بالاسری امکان پذیر است.

✓ طرح اختلاط شاتکریت MTOSHOT\P

در طرح اختلاط هایی که از MTOSHOT\P استفاده می شود حداقل سیمان مورد نیاز 350 کیلوگرم در مترمکعب است. ولی بهتر است به 400 کیلوگرم در مترمکعب افزایش یابد.

✓ کاربرد شاتکریت MTPSHOT\P

MTOSHOT\P درست قبل از مصرف به مخلوط اضافه می شود.

✓ میزان مصرف شاتکریت MTPSHOT\P

به صورت پودر بایستی در حدود 4 الی 7 درصد درون سیمان مصرفی استفاده شود.

توجه

اطلاعات داده شده نه تنها بر مبنای نتایج آزمایشگاهی بلکه بر تجربیات کارگاهی استوارند. اما به دلیل عوامل متعدد تاثیرگذار، این اطلاعات فاقد تضمین اجرایی و یا مسئولیت عمومی می باشند. برای کسب اطلاعات بیشتر جهت آگاهی از نحوه خرید شاتکریت ، قیمت بتن پاششی شاتکریت، آشنایی با عیار بتن شاتکریت و مشخصات فنی شاتکریت با بخش فنی شرکت کلینیک بتن ایران(مهندسین مشاور مهرازان پایدار) تماس حاصل فرمایید.

انبارداری شاتکریت پودری

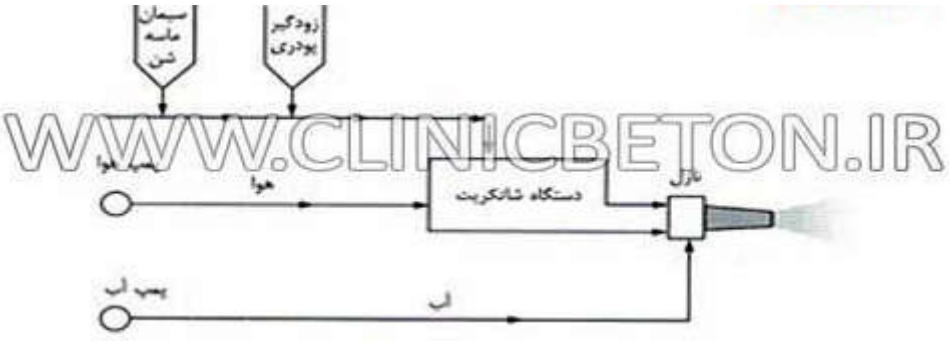
چنانچه در جای خشک و در بسته بندی اصلی نگهداری شود تا 12 ماه قابل استفاده است.

نکات ایمنی شاتکریت پودری

برخلاف سایر افزودنی های زودگیر کننده معمولی MTOSHOT\P به پوست صدمه کمتری می زند. بنابراین خطر کمتری برای سلامتی دارد. MTOSHOT\P در طبقه بندی غیر خطرناک قرار دارد.

تاییدیه کیفیت شاتکریت پودری

تمامی محصولاتی که توسط شرکت **کلینیک بتن ایران** (مهندسین مشاور مهرازان پایدار) تولید و عرضه می گردند مطابق با استانداردهای کیفی بین المللی می باشند.



ژل میکروسیلیس چیست

همه چیز در مورد ژل میکروسیلیس یا میکروسیلیکا (مکمل بتن)

ژل میکروسیلیس یا میکروسیلیس ژل شده یا مکمل بتن نوعی افزودنی بتن اصلاح شده پیشرفته بر پایه **روانسازهای بتن، میکروسیلیس، سیلیس** و **الیاف پلی پروپیلن** می باشد از این ژل برای ساخت انواع **بتن توانمند، بتن آب بند، بتن نفوذ ناپذیر** و **بتن با دوام** مورد استفاده قرار میگیرد . ژل میکروسیلیس در واقع همان سیستم دوده سیلیسی و فوق روان کننده بصورت خمیری شکل و آماده مصرف میباشد که ضمن دارا بودن قابلیت افزایش مقاومت های شیمیایی و مکانیکی بتن، مسایل و مشکلات سیستم دو جزیی دوده سیلیسی + فوق روان کننده را هم بطور اساسی حل کرده است. در شرایط آب و هوایی مهاجم نظیر مناطق ساحلی و مناطق کویری نیاز به مواد افزودنی وجود دارد که بتن را نفوذ ناپذیر کند و جذب آب بتن را کاهش دهند که استفاده از ماده افزودنی ژل میکروسیلیکا یا مکمل بتن راهکار ایده آلی است . که علاوه بر وجود دوده سیلیس و الیاف پلی پروپیلن در ساختار خود که به تنهایی موجب بهبود خواص بتن خواهند شد، و همچنین دارای روان کننده در فرمولاسیون خود می باشد که در نتیجه علاوه بر روانی بتن موجب کاهش آب مصرفی بتن نیز خواهد شد که به این ترتیب موجب افزایش مقاومت های بتن و خواص ویژه آن خواهند شد . شاید ایده تولید ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن خمیری زمانی به ذهن رسید که استفاده از دوده سیلیسی، یا پودر میکروسیلیس و یا قیمت روز ژل میکروسیلیس در بتن ریزی های مجاور سواحل دریاها به طور جدی مورد توجه مهندسین ساختمان قرار گرفته است . به دلیل خصوصیات بارز پوزولانی میکروسیلیس، استفاده از آن جهت بهبود خواص مکانیکی و افزایش دوام بتن در کشورهای پیشرفته رو به افزایش است . در بتن ریزی های مربوط به ساخت اسکله های دریایی، شمع ها، ستون ها و قطعات پـیش ساخته، فونداسیون ماشین آلات و کلیه سازه های بتونی که در معرض حملات شیمیایی بویژه یون کلر و سولفات ها قرار دارند. میکروسیلیس در حال حاضر به عنوان یکی از بهترین مواد **افزودنی های بتن** معدنی شناخته می شود و با اضافه کردن بهترین ژل میکروسیلیس به مخلوط باعث کاهش نفوذ پذیری و در نتیجه باعث افزایش دوام بتن می شود. پودر میکروسیلیس یا دوده سیلیسی یا پاور ژل میکروسیلیس با توجه به داشتن ذرات بسیار ریز و به دلیل پراکندگی آسان در فضا از نظر زیست محیطی مشکلی جدی تلقی می شود که تولید ژل های پوزولانی یا ژل میکروسیلیس به این معظلات پایان داد . یک محصول فرعی حاصل از کوره های قوس الکتریکی در جریان تولید آلیاژ های فروسیلیس می باشد. این ماده با داشتن بیش از 90 درصد سیلیس با حالت غیر کریستالی و به شکل ذرات بی نهایت ریز با قطر متوسط 0/1 میکرون شدیدا پوزولانی است و برای استفاده به عنوان یک ماده سیمانی در بتن بسیار مناسب است.

خصوصیات ژل میکروسیلیس :

از جمله خصوصیات ویژه ای که ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن برای بتن ایجاد می کند نفوذناپذیر نمودن بتن است . این خاصیت به دلایل موادی که برای تولید ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن فرموله شده اند می باشند . برای تولید ژل میکروسیلیس از مواد روانساز و مواد آب بند کننده و دوده سیلیسی و الیاف پلی پروپیلن استفاده شده است که همگی به نحوی در آب بندی، **مواد آب بندی بتن** و نفوذناپذیر شدن بتن نقش دارند . با ایجاد روانی بیشتر بتن توسط روان کننده به کار برده شده در تولید ژل میکروسیلیس ذرات ریز دوده سیلیسی یا پودر میکروسیلیس و ذرات ریز بتن حرکت کرده و به سوی فضاهای خالی بین سنگدانه های درشت تر حرکت می کنند و موجب پر شدن فضای خالی بین آنها شده و به این ترتیب موجب نفوذناپذیرتر شدن و همچنین حصول مقاومت بیشتر در بتن می شوند . نفوذناپذیر نمودن بتن توسط ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن تا حدود زیادی می تواند مانع خوردگی فولاد با آرماتور داخل بتن مسلح شود به این ترتیب که خوردگی فولاد مسلح کننده بتن مهم ترین پر هزینه ترین نوع خرابی بتن است که این خرابی عموماً به دلیل نفوذ مواد مخرب کلرایدها و غیره می باشد . خواه کلرایدها از آب اقیانوس و چه از نمک های یخ زدا وارد بتن شده باشند نتیجه یکسان است . استفاده از بتن های میکروسیلیسی با بتن های سیلیسی یا بتن میکروسیلیسی در برابر حملات سولفاتی نیز از خود مقاومت نشان خواهند داد چنانچه ساختار شیمیایی **سیمان پرتلند** مصرفی ، در حمله سولفاتی نقش دارد ، اما تحقیقات نشان داده است که نسبت آب به سیمان مواد سیمانی نیز (w/cm) یک فاکتور بحرانی به حساب می آید . کاهش w/cm به طور موثر، نفوذپذیری بتن را کاهش می دهد . افزودن ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن نفوذپذیری را تا حد زیادی کاهش می دهد و سبب به تاخیر انداختن بیشتر هرگونه واکنش مضر می گردد .

مصرف ژل میکروسیلیس :

مصرف ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن در کفسازی نیز تاثیرات عالی به دنبال خواهد داشت . عملیات بتن در کفسازی نیز تاثیرات عالی به دنبال خواهد داشت . در عملیات **کف سازی صنعتی** به دلیل عدم آب انداختگی بتن و میکروسیلیس، پرداخت کاری کف در یک عملیات یک مرتبه ای پیوسته به پایان می رسد . در نتیجه کارفرما کف سازی مطلوب تری خواهد داشت و پیمانکار عملیات کفسازی را با افزودن ژل میکروسیلیس در زمان کوتاه تر و با نیروی انسانی کمتر به پایان خواهد برد .علاوه بر موارد مذکور در کفسازی بتنی که با ترکیب ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن اجرا شده است شاهد بتنی صاف تر و با مقاومت حداقل 30٪ بالاتر از بتن معمولی خواهیم بود که برای کف بتنی بسیار حائز اهمیت است . مصرف ژل میکروسیلیکا یا مکمل بتن نتیجه خاصی روی افزایش سرعت هیدراتاسیون ندارد . اگر چه میزان حرارت هیدراسیون میکروسیلیس شبیه حرارت هیدراسیون سیمان پرتلند است ، اما کسب مقاومت آن بسیار سریعتر می باشد . بنابراین با ایجاد توازن بین مقدار سیمان پرتلند و میکروسیلیس در یک مخلوط بتنی می توان حرارت هیدراسیون را با ثابت نگه داشتن نرخ کسب مقاومت ، کاهش داد . خرید ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن را می توان با افزودن مواد **دیرگیر کننده بتن** یا زودگیر کننده در انواع شرایط آب و هوایی سرد و گرم مورد استفاده قرار داد و شاهد نتایج عالی و چشمگیر شد . از خصوصیات ویژه ژل میکروسیلیس این است که با افزودن آن به بتن می توان 5 الی 10 درصد از عیار سیمان مصرفی بتن کاهش داد . به لحاظ روان کنندگی و نفوذناپذیر نمودن، ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن گزینه مناسب برای استفاده در بتن استخرها ، مخازن و سیلوها می باشد و علاوه بر افزایش مقاومت این گونه سازه های بتنی نفوذ ناپذیری و افزایش عمر آنها را به دنبال خواهد داشت . میزان مصرف دقیق ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن باید با توجه به شرایط آب و هوایی و نوع مصالح مصرفی با آزمایشات دقیق کارگاهی تعیین شود . اما با توجه به بروشور فنی شرکت شیمیایی کلینیک بتن ایران میزان مصرف ژل میکروسیلیکا یا مکمل بتن 5 الی 8 درصد وزن سیمان مصرفی است . پیشنهاد می شود با توجه به حجم بتن و عیار سیمان مصرفی توزین ژل میکروسیلیس برای ترکیب با بتن دقیقاً توزین شود و به ازای هر متر مکعب بتن 1 دقیقه با بتن میکس شود .ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن را می توان در آب اختلاط بتن ترکیب نموده و سپس به اجزاء خشک بتن افزود و یا پس از ترکیب کامل بتن به مخلوط اضافه شود . بهترین روش افزودن ژل میکروسیلیس با بتن به این ترتیب است که یک حجم **ژل میکروسیلیس** با یک حجم آب اختلاط بتن میکس شده و سپس به بتن افزوده شوند تا راحت تر با بتن ترکیب شوند . پیشنهاد

می شود در مواردی که فاصله زمانی ساخت و بتن ریزی زیاد است در دومرحله ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن مورد استفاده قرار گیرد (یک قسمت در بچینگ و قسمت بعدی 2 دقیقه قبل از بتن ریزی به تراک میکسر اضافه شود) با افزودن ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن و حمل تا پروژه هیچ تغییری در ساختار بتن ایجاد نخواهد شد . اما باید توجه شود چنانچه مسافت کارخانه ساخت بتن تا محل پروژه طولانی می باشد بهتراست از ژل میکروسیلیس دیرگیر یا مکمل بتن دیرگیر استفاده شود تا سرعت روند واکنش هیدراسیون بتن را کاهش دهد .

در مصرف ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن باید توجه شود که چنانچه علاوه بر آب بندی بتن افزایش مقاومت مدنظر است باید با توجه به بروشور فنی شرکت شیمیایی از آب بتن کاسته شود و عملیات اختلاط به طور مناسب انجام شود . چنانچه کلیه مراحل طبق دستورالعمل های ارائه شده توسط دفتر فنی و بروشور فنی شرکت شیمیایی کلینیک بتن ایران انجام شود افزایش مقاومت 30 الی 70 درصدی نسبت به بتن شاهد خواهیم داشت . ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن برای تولید بتن سقف های C.D.S یا سقف های بدون میلگرد نیز کارایی مطلوب دارد چون ژل میکروسیلیس به لحاظ دارا بودن الیاف پلی پروپیلن در ساختار خود می تواند باعث مسلح شدن بتن دقت C.D.S شود . **ژل میکروسیلیس MTOMIX 4500** برای بتن ریزی های حجیم برای آب بندی گزینه مناسب است و نتایج ایده آلی در بر خواهد داشت نکته قابل توجه این است که چون در بتن ریزی های حجیم، **کیورینگ بتن** و عمل آوری مغز بتن سخت می باشد ، باید از مکمل بتن دیرگیر استفاده شود تا علاوه بر آب بندی و نفوذناپذیر شدن و افزایش مقاومت بتن ،گیرش بتن نیز کنترل شود .

باید توجه داشت که حداکثر نفوذ ناپذیری قابل بتن برای یک بتن آب بند mm30 است که این خواسته با مصرف ژل میکروسیلیس در ساختار جسم بتن محقق خواهد شد . به شرطی که علاوه بر افزودن مواد افزودنی کلیه عملیات بتن ریزی از مرحله ساخت بتن، حمل، اجرا و کیورینگ به درستی انجام شود .

مصرف ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن خصوصیات و ویژگیهای منحصر به فردی به شرح زیر برای بتن ایجاد خواهد نمود .

کاربرد و ویژگی های ژل میکروسیلیس :

- کاهش عیار سیمان به میزان 5 الی 10 درصد
- کاهش آب انداختگی و جداشدگی سنگدانه های بتن
- افزایش مقاومت مکانیکی بتن
- سهولت پمپاژ بتن و کاهش استهلاک در تجهیزات بتن ریزی
- افزایش دوام و پایایی بتن در سیکل های ذوب و انجماد
- سازگاری ژل میکروسیلیس با انواع سیمان ها
- افزایش مقاومت الکتریکی بتن
- افزایش مقاومت سایشی بتن
- کاهش نفوذپذیری در برابر آب ، یون کلر و هجوم سولفات ها
- کاهش ترک های ایجاد شده در بتن
- قابلیت استفاده همزمان با انواع روانسازهای بتن
- ساخت بتن کاملاً خمیری
- ایجاد سطحی صاف و اکسپوز
- افزایش روانی بتن بدون نیاز به افزودن فوق روان کننده

ترکیب ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن در ساختار جسم بتن موارد کاربرد ویژه ای به شرح زیر برای بتن ایجاد می کند

- تولید بتن های پرمقاومت
- تولید بتن های نفوذناپذیر

- تولید بتن های با دوام و پایا
- مناسب برای بتن ریزی های حجیم
- مناسب برای بتن ریزی در معرض سیکل های ذوب و انجماد
- مناسب برای تولید بتن آب بند تونل ها ، راه و آب ،کانال های انتقال آب ، تصفیه خانه ها و مخازن
- مناسب برای بتن های کف سخت صنعتی
- مناسب برای تولید بتن هایی که نیازمند حداقل هدایت الکتریکی باشد .
- مناسب برای ساخت بتن های اسکله ، پل ، عرشه پل ، مخازن و سدها
- مناسب برای بتن ریزی در مناطقی که تحت حمله مواد شیمیایی و خورند قرار خواهد گرفت
- مشخصات فیزیکی و شیمیایی

روش و میزان مصرف ژل میکروسیلیس :

روش مصرف ساخت ژل میکروسیکیس، عدم ترکیب مناسب با بتن و آلودگی های ایجاد شده از آن برای نیروی انسانی مشکلات عمده ای را برای مجریان محترم ایجاد کرد و با تولید ژل میکروسیلیس یا **مکمل بتن MTOMIX 4600** علاوه بر حل مشکل روش های مصرفی پودر میکروسیلیس یا دوده سیلیسی بهبود و کارایی بهتری با تولید ژل میکروسیلیس یا مکمل بتن حاصل شد . **میکروسیلیس مانند سیمان هنگام ساخت بتن به آن اضافه می شود.** میزان مصرف بهینه آن 10 الی 15 درصد وزن سیمان مصرفی است که به همان میزان میتوان از مقدار سیمان مصرفی کم کرد.

امروزه توصیه اکثریت قریب به اتفاق مهندسین مشاور صنعت ساختمان استفاده از دوده سیلیسی (Silica Fume) به همراه فوق روان کننده (Super Plasticizer) در زمان ساخت بتن می باشد. زیرا آزمایشات علمی نشان داده اند که وجود دوده سیلیس بمیزان 7٪ وزن سیمان در بتن به نحو چشمگیری از نفوذ یون کلر جلوگیری می کند. استفاده از دوده سیلیس به همراه فوق روان کننده در بتن که بصورت پودر بسیار ریز (کمتر از 0/1 میکرون) با جرم حجمی پایین می باشد، مضراتی از قبیل عدم اختلاط کامل با بتن، مشکلات انبارداری، حمل و نقل، پرت مصرف و همچنین مشکلات زیست محیطی و خطرات بهداشتی برای پرسنل محیط کار را به همراه دارد. مسائل و مشکلات فوق الذکر و پژوهش های متعاقب منجر به فرآوری و تولید ژل میکروسیلیس گردید و در سال 1380 در ایران عرضه گردید.

مزایا و معایب ژل میکروسیلیس :

میکروسیلیس در بتن، دارای مزایا و معایبی است مشروط بر اینکه بتوان آن را بخوبی در بتن مخلوط نمود و از ماده **فوق روان کننده MTOCRETE N540** نیز بهره گرفت وگرنه هیچ گونه مزیتی را در بر نخواهد داشت زیرا اولاً نسبت آب به سیمان را بشدت بالا می برد و مقاومت و دوام را کم می کند. ثانیا بتن را از نظر کارایی با مشکل همراه می کند و آن را چسبنده می سازد و پمپ کردن را عملاً غیر مقدور می کند.

از جمله **مزایای ژل میکروسیلیس** می توان به موارد زیر اشاره کرد :

1. افزایش چشمگیر مقاومت های مکانیکی بتن
2. کاهش نفوذپذیری بتن
3. کاهش تحرک یون کلر
4. جلوگیری از خوردگی آرماتور در بتن های مسلح

کارایی ژل میکروسیلیس یا میکروسیلیکا

ژل میکروسیلیکا یا **ژل میکروسیلیس mtomix 4500** در بتن های نفوذ ناپذیر کارایی بالایی دارند که باعث **کاهش ترک ها** و **ارتقاء نسبی مقاومت های فشاری، کششی و خمشی در بتن** می شود. اگر در بتن های آب بند، شاتکریت تر، بتن الیافی و

نمای دکوراتیو سیلو های سیمان بخواهیم کار کنیم استفاده از ژل میکروسیلیکا بهترین روش است.در مواردی که بتن در معرض ضربه و یا بارهای دینامیکی تر و یا خشک قرار می گیرد حمله ی سولفات ها و کلراید ها و عوامل جوی مثل چرخه ذوب و انجماد شروع می شود و در این گونه شرایط از ژل میکروسیلیکا استفاده می کنیم و برای کاهش ترک های پلاستیک و بالا بردن مقاومت های فشاری و کششی و خمشی بتن ژل میکروسیلیکا که بسیار مفید و اقتصادی است استفاده می کنیم. ژل میکروسیلیکا علاوه بر کاهش چشمگیر نسبت آب به سیمان از آسیب های ناشی از عدم امکان اجرای سریع کیورینگ لازم طی ساعات اول و پس از آن می کاهد. ژل میکروسیلیکا قابل استفاده در **شاتکریت** و ساخت بتن الیافی از نظر جذب و انجام واکنش با آهک آزاد نسبت به دیگر انواع ژل میکروسیلیکا محدودیت دارد. در مواردی که اندازه آزاد آهک در سیمان پایین باشد و یا جذب کامل آهک آزاد مورد رضایت نباشد از ژل میکروسیلیکا استفاده می کنیم. برای اطلاعات بیشتر در مورد ژل میکروسیلیس و قیمت ژل میکروسیلیس و ژل میکرو سیلیس ارزان لطفا مشخصات فنی را از کلینیک بتن ایران بخواهید.

مشخصات ظاهری ژل میکروسیلیکا :

بنا بر سفارش مشتری بسته بندیهای بزرگتر این ژل میکروسیلیکا قابل تولید است. مشخصات ظاهری ژل میکروسیلیکا : ژل میکروسیلیکا در حالت سکون ژله ای است ولی بعد از تکان دادن به صورت مایع است. ژل میکروسیلیکا خاکستری رنگ است. وزن ژل میکروسیلیکا1/4کیلوگرم است. ژل میکروسیلیکا بسیار کمتر از حد مجاز استاندارد کلراید دارد. ژل میکروسیلیکا نیترات ندارد. نقطه انجماد ژل میکروسیلیکا صفر درجه سانتیگراد است. ژل میکروسیلیکا نقطه اشتعال ندارد. مصرف ژل میکروسیلیکا: ژل میکروسیلیکا را به مقداره 5٪ الی 8٪ وزن **سیمان** مصرفی به بتن اضافه کنید. ژل میکروسیلیکا را میتوان در هنگام ساخت بتن نفوذ ناپذیر در بچینگ و یا پس از ساخت بتن الیافی در تراک میکسر اضافه می شود. هنگام اضافه کردن ژل میکروسیلیکا در تراک میکسر باید از اختلاط کامل آن در بتن الیافی مطمئن شد. تجربیات و آزمایشات نشان داده مخلوط کردن ژل میکروسیلیکا در تراک میکسر ، به 3 الی 5 دقیقه زمان احتیاج دارد. برای اطمینان بیشتر نتیجه بهتر گاهی ژل میکروسیلیس در کارگاهها به صورت دو جزئی مصرف می شود که نتیجه بسیار بهتری میدهد. بدین ترتیب که قسمتی از ژل میکروسیلیکا در بچینگ و قسمتی هم به عنوان میزان یادآوری حدود 5 دقیقه قبل از مصرف به تراک میکسر اضافه کنید. عوارض مصرف کمتر یا بیشتر ژل میکروسیلیکا: مصرف کمتر از 5٪ ژل میکروسیلیکا باعث عدم وجود قدرت واقعی فوق روان کنندگی در بتن است وباعث افت سریعتر خاصیت روانی بتن شده و قدرت میزان جذب آهک آزاد را کاهش میدهد و باعث پایین آمدن نسبی مقاومتهای فشاری، کششی و خمشی در بتن می شود. ولی با بعضی سیمانها و بعضی شرایط خاص،تجربیات موفق و اقتصادی از مصرف کمتر ژل میکروسیلیکا در بتن الیافی یا ژل میکروسیلیس الیاف دار به ثبت رسیده است، جهت اطلاعات بیشتر به مشخصات فنی در وب سایت یا با کارشناسان کلینیک بتن ایران تماس حاصل فرمایید.

مقایسه فنی ژل میکروسیلیکا با بتن الیافی حاوی ژل میکروسیلیکا

ژل میکروسیلیکا در کانالهای روباز انتقال آب کاربرد دارد.

مقایسه فنی **ژل میکروسیلیکا** با **بتن الیافی حاوی ژل میکروسیلیکا**:

ژل میکروسیلیکا از نظر مقاومت: مقاومت های خمشی و کششی بتن الیافی حاوی ژل میکروسیلیکا نسبت به بتن حاوی ژل میکروسیلیکا تقریبا برابر هستند. مقاومت فشاری در بتن های دارای ژل میکروسیلیس در سنین پایین مثلا 1و3 روزه تقریبا مساوی است ولی در مقاومت فشاری بتن حاوی ژل میکروسیلیکا در سنین بالاتر نمی توان گفت اندازه بتن الیافی حاوی ژل میکروسیلیکا تکامل کامل انجام شده است. نفوذ پذیری مقدار آب در ژل میکروسیلیکا و عوامل مهاجم به آن: مقدار نفوذپذیری در بتن الیافی حاوی ژل میکروسیلیکا بسیار کمتر از بتن بدون مواد افزودنی است. از طرفی دیگر عوامل فیزیکی در طول عمر سازها ی بتنی باعث ایجاد نفوذپذیری در سازه های بتنی می شود. در مورد بتن هایی که دارای ژل میکروسیلیکا هستند کمترین نفوذ پذیری را دارند. اثر این عوامل روی بتن آب بند حاوی ژل میکروسیلیکا کمتر است. ضریب وارفتگی در بتن الیافی حاوی ژل میکروسیلیکا: ضریب وارفتگی در بتن الیافی حاوی ژل میکروسیلیکا نسبت به بتن شاهد کمتر است ولی نسبت به بتن نفوذ ناپذیر

حاوی ژل های میکروسیلیس بیشتر است. مقاومت سایشی بتن الیافی ژل حاوی میکروسیلیکا: اگرچه مقاومت سایشی بتن الیافی حاوی ژل میکروسیلیکا نسبت به بتن بدون مواد افزودنی یا بتن حاوی مواد افزودنی سوپر روانساز بتن زیاد تر است اما مقاومت سایشی بتن الیافی حاوی ژل میکروسیلیکا از مقاومت سایشی بتن حاوی ژل میکروسیلیس بیشتر نیست. استفاده از ژل میکروسیلیکا برای کاهش ترک های پلاستیک در بتن های نفوذ ناپذیر مد نظر است مخصوصا در شاتکریت تر و بتن های آب بند برای افزایش مقاومت استفاده می کنند. نکات حرارتی در بتن الیافی حاوی ژل میکروسیلیکا: کاربرد بتن نفوذ ناپذیر حاوی ژل میکروسیلیکا نسبت به بتن حاوی ژل میکروسیلیکا برای بتن هایی که مشکل حرارتی دارند بسیار مناسب تر است چرا که آزاد شدن حرارت بر حسب وزن سیمان مصرفی در بتن کمتر است و کاهش ترک های پلاستیک و ارتقاء نسبی مقاومت های دینامیکی فشاری، کششی و خمشی بتن دیده می شود. واکنش های شیمیایی بتن الیافی حاوی ژل میکروسیلیکا: از نظر واکنش های شیمیایی تفاوتی بین بتن حاوی ژل های میکروسیلیس وجود ندارد ولی میزان آهک های آزاد که وارد واکنش می شوند به مراتب کمتر است. افزایش روانی بتن بدون نیاز به اضافه کردن سوپر روان کننده بتن : بتن الیافی حاوی ژل میکروسیلیکا ممکن است نسبت کمتری را به بتن آب بند حاوی ژل میکروسیلیس نشان دهد ولی از نظر قابلیت کارایی این دو بتن دارای ژل میکروسیلیکا تفاوتی با هم ندارند. بسته بندی ژل میکروسیلیکا برای ساخت بتن الیافی : ژل میکروسیلیکا در بسته kg25 تولید می شود .

ژل میکروسیلیس تولیدی کلینیک بتن ایران

کلینیک بتن ایران تولید کننده ژل میکروسیلیس در کلاس های متفاوت است. ژل میکروسیلیکای تولیدی **کلینیک بتن ایران** برای افزایش و بهبود خواص بتن به صورت 5 درصد و 3 درصد وزن سیمان مصرفی عرضه می گردد.

13 کاربرد ژل میکروسیلیس یا میکروسیلیکا:

1. ژل میکروسیلیکا در ساخت بتن الیافی شات کریت تر و نمای دکوراتیو سیلوهای سیمان نیز کاربرد دارد. این کاربری های پارامترهای مختلف فنی و اقتصادی است که باعث می شود مصرف کننده ژل میکروسیلیکا را برای سازهای بتنی انتخاب کند .
2. ژل میکروسیلیکا بتن ریزی را در برابر و کوران باد یا اشعه خورشید محافظت می کند
3. ژل میکروسیلیکا درمناطق خشک برای جبران نسبی خسارت ناشی از تاخیر در انجام کیورینگ اولیه مناسب است.
4. ژل میکروسیلیکا در سازه هایی که در معرض بارهای دینامیکی و ضربه هستند نیز کاربرد دارد.
5. ژل میکروسیلیکا در سازه هایی که مقاطع نازک بتنی دارند استفاده می شود.
6. در سازه های بتنی که در معرض سیکل های شدید ذوب و انجماد هستند ژل میکروسیلیکا بهترین انتخاب است.
7. در سازه هایی که احتمال آب بندی و بروز انواع ترک در آنها وجود دارد ژل میکروسیلیکا آن را به حداقل ریسک ترک خوردن می رساند.
8. ژل میکروسیلیکا سازه های بتنی را که در معرض کاویتاسیون هستند حمایت می کند.
9. ژل میکروسیلیکا در کم کردن خطر تلاشی پذیری سازه های بتنی که در معرض ریسک انفجار وآتش سوزی هستند را به حداقل می رساند.
10. ژل میکروسیلیکا در سازه های بتنی نظامی و تدافندی کاربرد دارد.
11. برای بهبود بخشیدن به خواص موجود در سازه های بتن با حداقل هزینه و حداکثر بازدهی بهتر است از ژل میکروسیلیکا استفاده کرد .
12. سازه های بتنی که در معرض سایش، عرشه پل ها ، سازه پارکینگ ها هستند از ژل میکروسیلیکا استفاده می کنند.
13. ژل میکروسیلیکا در سازه هایی که احتیاج به مدول الاستسیته بالا دارند استفاده می شود

بتن با مقاومت بالا

بتن با مقاومت بالا

بتن یکی از مصالح ساختمانی ست که در ساخت سازه های مختلف کاربرد دارد. برای ساخت سازه های مقاوم, بتن کاربردی باید از مقاومت فشاری بالایی برخوردار باشد. امروزه مقاومت فشاری بتن از جمله مواردی ست که همواره مورد توجه کارشناسان ساختمانی قرار گرفته و تلاش های بسیاری بدین منظور صورت گرفته است. با پیشرفت تکنولوژی در کشورهای توسعه یافته, همواره ساخت بتن و استفاده از آن در سازه های مختلف در حال گسترش است. این بتن ها از مقاومت کششی و فشاری بسیار بالایی برخوردار هستند و نفوذپذیری پایینی دارند. از جمله مواردی که مقاومت کششی بتن را بالا می برند شامل موارد زیر هستند:

- استفاده از شن و ماسه مقاوم در ساخت بتن
- رعایت نمودن نسبت مناسب ماسه به سیمان
- استفاده از سیمان با مدول نرمی مناسب
- استفاده از پوزولان هایی مانند دوده سیلیس برای افزایش تراکم و کاهش تخلخل
- حداکثر استفاده از مصالح سنگی

برای افزایش مقاومت بتن باید نسبت آب به سیمان کمتر باشد. انجام این کار مانع از هیدراته شدن بعضی از دانه های سیمان شده, این ریزدانه ها دانسیته را افزایش داده و مقاومت بتن را بالا می برند. علاوه بر کاهش آب مصرفی باید میزان سیمان را نیز کاهش داد و به جای آن مواد پوزولانی مانند خاکستر بادی, دوده سیلیس و سرباره کوره آهن گدازی را به آن افزود. با بالا رفتن مقاومت بتن احتمال شکنندگی و ترک خوردگی آن بیشتر میشود بنابراین برای نرم نمودن بتن می توان در ساخت آن از الیاف کوتاه استفاده نمود.

مهمترین معیار برای ارزیابی کیفیت بتن مقاومت فشاری آن می باشد. مقاومت بتن به میزان تراکم آن بستگی دارد, بر همین اساس میزان روانی مخلوط باید به گونه ای باشد که بتوان به یک تراکم مناسب دست پیدا کرد. عدم تراکم در بتن باعث کاهش مقاومت بتن و ایجاد ترک خوردگی در آن می شود و پیوستگی بین میلگرد و بتن به صورت کامل انجام نمی گیرد. اگر در مخلوط به اندازه مناسب از موادی مانند فوق روان کننده ها و میکروسیلیس استفاده شود مخلوطی با تراکم بالا تولید خواهد شد.

از بتن با مقاومت بالا اصولا در ساخت ستون های ساختمان های مرتفع, سازه های فرا ساحلی, روسازی راه ها سازه های بتنی با هدف خاص و پل های بتنی پیش تنیده استفاده میشود. استفاده از این نوع بتن در ستون های ساختمان های مرتفع باعث کاهش ابعاد ستون و افزایش طبقات می شود. همچنین در ساخت سازه هایی مانند پایه های سقف جایگاه تماشاگران در میدان های ورزشی و خود میدان های ورزشی از بتن با مقاومت بالا استفاده می شود.

مزایای استفاده از بتن با مقاومت بالا

- کاهش نفوذپذیری در برابر عوامل شیمیایی
- افزایش خواص مکانیکی بتن
- بهینه سازی فضا با کاهش ابعاد هندسی سازه مورد نظر
- استفاده از رده های مختلف بتن با توجه به مقاومت مورد نیاز در طبقات مختلف ساختمان های بلند
- افزایش سرعت اجرا با کاهش حجم عملیات

بتن هبلکس چیست؟

در این مقاله با خواص بتن سبک (هبلکس) بیشتر صحبت خواهیم کرد.

عمده خواص بتن سبک (هبلکس) عبارتست از:

وزن مخصوص : هر متر مکعب حدود 600 کیلوگرم .

• **مقاومت فشاری** : 30 تا 35 کیلوگرم بر سانتیمتر مربع با امکان افزایش آن بر حساب نیاز مصرف کننده .

کار کردن با بتن سبک (هبلکس) بسیار آسان است، مثلاً به راحتی می توان آن را ارّه نموده یا میخ در آن کوبید و یا جای پریز یا کانال عبور سیم برق و لوله آب را در آن به وجود آورد. علاوه بر این بتن سبک در مقابل آتش بسیار مقاوم است و کلیه شرایط سلامت محیط زیست را دارا می باشد.

با توجه به آیین نامه جدید محاسبه ایمنی ساختمان ها در برابر زلزله ، بکارگیری مصالح سبک وزن راه حل مناسب و با صرفه در جهت افزایش ایمنی ساختمان می باشد و بلوک های بتن سبک (هبلکس) تامین کننده این مزیت فنّی است. یک متر مکعب بلوک هبلکس حدود 600 کیلوگرم وزن دارد که برابر 866 عدد آجر به وزن 1750 کیلوگرم می باشد ، به عبارت دیگر یک عدد بلوک 20×25×60 هبلکس مطابق با 46 عدد آجر است، در حالیکه وزن آن برابر وزن 10 عدد آجر بوده و یک کارگر به راحتی می تواند آنرا حمل نماید و سریعاً نیز نصب می گردد .

در ضمن ملات مصرفی برابر 25٪ ملات مورد نیاز برای اجرای همان دیوار با آجر بوده و به درصد سیمان کمتری نیز دز ملات نیاز دارد. به عنوان مثال چنانچه برای اجرای یک دیوار با آجر به یکصد کیلوگرم سیمان نیاز باشد همان دیوار در صورت استفاده از بلوک های هبلکس 15 کیلوگرم سیمان مصرف می کند.

همچنین بارگیری و حمل بلوک های هبلکس که در قالب های 3/15 متر مکعبی بسته بندی می شوند با استفاده از جرثقیل فکی و تریلی کفی به راحتی و اقتصادی تر انجام میگیرد. یک تریلی 9 پالت بزرگ برابر 28/35 متر مکعب را حمل می نماید.

هبلکس = عایق گرما، سرما، صدا و مقاوم در برابر زلزله و ...

هبلکس = صرفه جویی در آهن یا آرماتور، زمان اجرا، ملات مصرفی، دستمزد و ...

هبلکس = چسبندگی قابل توجه با ملات سیمان و ماسه و گچ و خاک به موجب گواهی وزارت مسکن و شهر سازی .

مزایای بتن هبلکس فنی

سبکی وزن ، عایق در برابر حرارت، عایق دز برابر برودت، عایق در برابر صدا، استحکام و پایداری در مقابل زلزله، آتش سوزی و بسیاری مزایای دیگر از محاسن بلوک های هبلکس نسبت به سایر مصالح قدیمی نظیر آجر های معمولی و آجر های سفال می باشد.

مزایای بتن هبلکس اجرائی:

با توجه به ابعاد و سبکی و راحتی نصب بلوک های هبلکس در همه ضخامت ها، سرعت اجرای بتون هبلکس نسبت به سایر مصالح به 3 برابر بالغ می گردد.

مزایای بتن هبلکس اقتصادی

پروژه های ساختمانی با استفاده از بلوک های هبلکس با در نظر گرفتن سرعت اجرا، به دستمزد کمتری احتیاج دارد و همچنین استفاده از هبلکس به سبب مصرف ملات کمتر و نیز کاهش بارهای وارده به سازه به دلیل وزن کم دیوار ها که موجب کاهش ابعاد سازه می شود، صرفه جویی قابل ملاحظه ای را در هزینه مصالح مصرفی موجب می گردد.

به علاوه در مقایسه میان مصالح سنتی و هبلکس اقلام زیر نیز ارقام توجه ای را تشکیل می دهند:

سرعت زیاد آجر چینی با هبلکس، سرعت زیاد کارهای تاسیساتی، کاهش مقاطع ساختمانی به هنگام محاسبه و صرفه جویی قابل ملاحظه در سازه های فلزی و بتنی. به علاوه استفاده از هبلکس موجب صرفه جویی چشمگیری در انرژی برای سرمایش و گرمایش ساختمان بعد از احداث می شود. همچنین ضایعات هبلکس کلّا به عنوان پوکه مورد استفاده قرار می گیرد در حالیکه ضایعات زیاد آجر عملاً بلا استفاده می ماند.

دستورات العمل اجرایی:

1- کادر اجرایی :

کارکردن با بتن هبلکس نیاز به تخصص خاصی ندارد با توجّه به ابعاد و سهولت کار با هبلکس، سرعت اجرا نیز نسبت به آجر نیز نسبت به آجر سفال تا دو الی سه برابر افزایش می یابد .

2-ملات مورد نیاز :

همان ماسه و سیمان می باشد و با توجه اینکه بلوک های هبلکس یک نوع بتن سبک می باشد و هم گونی کاملی با ملات ماسه سیمان دارد می توان نسبت ترکیب را به پنج یا شش به یک تبدیل و در مصرف سیمان صرفه جویی بیشتری نمود، در مواردی که تیغه بندی های مورد اجرا با آب و رطوبت سر کاری نداشته باشند (مثل دیوار اتاق خواب، کار، ...) می توان از ملات گچ و خاک (به لحاظ صرفه جویی اقتصادی) نیز استفاده نمود.

3-جذب آب :

با توجه به ابعاد و متخلخل بودن بلوک های هبلکس، نم و رطوبت توسط این بلوک ها منتقل نمی شود . در عین این که این بلوک ها نم و رطوبت را نسبت به مصالح مشابه جذب می کند، لذا در زمان استفاده از این بلوک باید نکات زیر را رعایت نمود :

اولاً : قبل از اجرا بلوک ها باید کاملاً خیس نمود.

ثانیاً : ملات مصرفی را نیز باید با رقّت بیشتری تهیه نمود.

ثالثاً : بعد از اجرا در صورت امکان به دیوارها آب داده شود.

4-اندود گچ و خاک :

با توجّه به سطح صاف و صیقلی هبلکس نسبت به سایر مصالح در صورت اجرای صحیح دیوار ها به اندودی بیش از 1 الی 2 سانتیمتر نیاز نخواهد بود (یعنی در هر طرف نیم الی یک سانتیمتر.)

5-از نظر نصب تاسیسات و روکار :

مانند سایر مصالح می باشد.

واتراستاپ هیدروفیلی Hydrophilic Waterstop چیست

هر آنچه درباره واتراستاپ هیدروفیلی باید بدانید

واتر استاپ هیدروفیلی نوعی نوار آب بندی مدرن است که بر پایه لاستیک TPE ساخته و تولید می شود. از این نوار برای آب بندی درزهای مختلف استفاده می شود. نحوه‌ی کار واتراستاپ هیدروفیلی به این صورت است که بعد از تماس با آب افزایش حجم

می دهد. این افزایش حجم ۱۴ روز پس از اولین تماس به حدود ۴۰۰ درصد می رسد. یعنی حجم آن تقریباً ۵ برابر می شود. در واتراستاپ بنتونیتی که مشابه آن است، فرآیند افزایش حجم ۶ ساعت بعد از اولین تماس با آب آغاز می شود. واتراستاپ هیدروفیلی بعد از تماس با آب بتن حداکثر ۴۰۰ درصد و بعد از تماس با آب باران تا ۵۰۰ درصد افزایش حجم خواهد داشت. این واتر استاپ های آبی رنگ در برابر تغییرات آب و هوایی مقاومت بسیار خوبی دارند. واتر استاپ به منظور جلوگیری از نشت و عبور آب از درزهای اجرایی، انبساطی و همچنین مقاطع قطع بتن ریزی به کار میرود که بسته به نوع مقطع مورد کاربرد و فشار سیال، سایز و شکل تغییر می کند . TPE نوار واتراستاپ هیدروفیل بر پایه لاستیک ولکانیزه نشده بوده و برای آب بندی درزهای اجرایی مناسب می باشند. این نوارها در تماس با آب افزایش حجم می یابند و این افزایش حجم پس از 14 روز به حدود 800 درصد می رسد.افزایش حجم در این نوار 6 ساعت بعد از نفوذ آب آغاز می شود. این نوع واتراستاپ بر پایه لاستیک های مصنوعی می باشد و به عنوان یک عامل مانع نفوذ آب در درزهای اجرایی با قابلیت متورم شدن بسیار بالا و به صورت کنترل شده در تماس با آب عمل می‌کند و شکل و عملکرد خود را در سیکل‌های تر و خشک شدن متعدد حفظ می‌کند.واتراستاپ هیدروفیلی منبسط شونده بعد از ریختن لایه اول بتن (بتن قدیم) و قبل از لایه جدید (بتن جدید) و جهت آب بند شدن درز اجرایی ایجاد شده نصب می‌گردد.

بنابراین تقسیم بندی و مشخص بودن محل دقیق درز اجرایی از قبل نیازی نیست. نکته اصلی شکل اجرای با زاویه انحراف کم در محل اتصال می‌باشد تا واتراستاپ هیدروفیلی عمل کند. نصب درست واتراستاپ هیدروفیلی یکی از عوامل کلیدی می‌باشد که ریسک تغییر مکان و جابجایی **واتراستاپ هیدروفیلی** در زمان بتن‌ریزی را کاهش می‌دهد و شانس در معرض قرار گرفتن با آب جمع شده در پشت درز را افزایش می دهد.فرآیند انبساط بلافاصله بعد از تماس واتراستاپ هیدروفیلی با آب شروع می‌گردد.

بنابراین نصب کردن واتراستاپ هیدروفیلی باید درست قبل از بتن ریزی بتن جدید (بتن ثانویه) باشد. این امر شانس انبساط قبل از موقع واتراستاپ هیدروفیلی را به علت در معرض رطوبت قرار گرفتن را کاهش می‌دهد. واتراستاپ هیدروفیلی در زمان هایی که شرایط اجرای سازه ما را مجبور به توقف بتن ریزی ثانویه بعد از نصب واتراستاپ هیدروفیلی می‌کند باید در برابر رسیدن رطوبت به نوار نصب شده جلوگیری گردد.

✓ اتصالات واتر استاپ هیدروفیلی :

واتراستاپ های هیدروفیلی باید به وسیله ضربه به انتهای آن به هم متصل گردند تا اینکه مطمئن شویم که فاصله و هوایی بین آنها وجود ندارد. همچنین انتهای واتراستاپ‌های هیدروفیلی نباید اورلب گردد. گوشه های 90 درجه، تقاطع ها و اتصالات تی شکل می‌تواند به شیوه ای مشابه انجام گردد. لازم نیست که واتراستاپ هیدروفیلی در این تقاطعات برش فارسی بر (اتصال با برش زاویه

دار دو قطعه) دهیم. ماهیت قابل انعطاف واتراستاپ هیدروفیلی اجازه می‌دهد که اتصال 90 درجه را در اطراف گوشه‌ها از بین ببریم. واتراستاپ را در حداکثر طول عملی اجرا کنید تا اتصالات را به حداقل برسانید .

✓ اتصال واتراستاپ هیدروفیلی به بتن:

کل چربی‌ها، گرد خاک، حباب‌های سطح بتن و ... باید قبل از چسباندن واتراستاپ هیدروفیلی از سطح بتن پاک گردد. همچنین سطح بتن باید صاف، هموار و خشک و عمل‌آوری شده برای حداقل 24 ساعت قبل از نصب واتراستاپ هیدروفیلی باشد. همچنین واتراستاپ هیدروفیلی باید در حداقل فاصله (پوشش) 2 اینچی از سطح بتن در طرف آب قرار گیرد. قبل از اجرای واتراستاپ هیدروفیلی چسب مناسب (پلی یورتان) روی سطح بتن و در محل مناسب نصب واتراستاپ هیدروفیلی اجرا گردد و سپس با فشار واتراستاپ هیدروفیلی روی چسب قرار گیرد. همچنین برای سطوح عمودی و بالا سری می‌توانید از میخ یا پیچ که در فاصله های 12 اینچ از هم اجرا می گردد اتصال انجام شود، البته استفاده از چسب زیر واتراستاپ هیدروفیلی در روش مکانیکی نیز نیاز می‌باشد

✓ کاربردهای واتراستاپ هیدروفیلی

کاربرد اصلی واتراستاپ های هیدروفیلی آب بندی درزهای اجرایی به دو صورت افقی و عمودی می باشد. این درزها ممکن است که در تماس دائم یا موقت با رطوبت باشند یا آب سطحی از روی آن ها عبور کند. در هر حالت مشکلی برای واتر استاپ هیدروفیلی پیش نمی آید و این نوار کار آب بندی را به نحو احسن انجام می دهد. لوله های آب رسانی که در داخل سازه هستند نیز به وسیله‌ی واتر استاپ هیدروفیلی آب بندی می شود. واتر استاپ هیدروفیلی همچنین جایگزین بسیار مناسبی برای فلنچ های آب بند هستند که دوران مصرف آن تقریبا گذشته است. در هنگام اجرا و در تمامی مراحل بتن ریزی، برای آب بندی درزهای اجرایی و مقاطعی که در آن ها بتن ریزی صورت می پذیرد، از واتراستاپ هیدروفیلی استفاده می شود. آب بندی درزهای موجود در سدها، تونل ها، استخرها، کانال های آب، تصفیه خانه های آب و فاضلاب نیز به وسیله این نوار می تواند انجام شود. آب بندی فونداسیون ها و سازه های مدفون، آب بندی مقاطع بتنی برشی و دیوار باربر نیز به وسیله‌ی واتر استاپ هیدروفیلی انجام می گیرد.

✓ استفاده از واتراستاپ هیدروفیلی

واتراستاپ هیدروفیلی فقط باید در درزهای غیر حرکتی استفاده شود. حرکت در درزها، **مواد آب بندی بتن** آنها را تقلیل می‌دهد و تاثیر مثبت آنها را به خطر می‌اندازد. واتراستاپ هیدروفیلی برای درزهای انبساطی مناسب نیست. **واتراستاپ** را در محیط خنک، خشک و تاریک انبار کنید. پلیمر با خاصیت ارتجاعی بسیار بالا طراحی شده است.

1.واتراستاپ هیدروفیل

2.نوار واتراستاپ

3.واتراستاپ هیدروفیل لاستیکی

✓ موارد مصرف واتراستاپ هیدروفیلی

آب بندی درزهای اجرایی در تماس دائم و یا موقت با رطوبت زمین، آب های سطحی و ...

✓ خواص و مزایای استفاده از واتراستاپ هیدروفیلی

1. کاهش میزان خطا نسبت به واتراستاپ های معمولی
2. تورم برگشت پذیر در مقابل آب
3. حفظ فرم حتی در دمای بالا
4. تحمل فشار آب تا 3 بار
5. غیر سمی
6. نصب آسان با حداقل ریسک خطا
7. مقرون به صرفه

واتر استاپ هیدروفیلی به رنگ نوار قرمز(صورتی) رنگ/ آبی رنگ است .

مقایسه واتر استاپ هیدروفیلی با واتر استاپ بنتونیتی

استفاده از **واتراستاپ بنتونیتی** در درزهای انبساطی ممنوع است و از آن فقط باید در درزهای اجرایی استفاده شود. در مورد واتر استاپ هیدروفیلی این گونه نیست و از آن می توان در درزهای انبساط نیز استفاده کرد. واتر استاپ هیدروفیلی نسبت به واتر استاپ بنتونیتی مقاومت کششی بیشتری دارد و با آب آشامیدنی سازگار می باشد و در هنگام تماس با آن مشکلی ایجاد نمی شود. هم چنین این که این واتر استاپ غیر سمی است. در واتراستاپ هیدروفیلی روند افزایش حجم بلافاصله بعد از تماس با آب آغاز می شود، اما در واتر استاپ بنتونیتی فرآیند افزایش حجم ۶ ساعت بعد از اولین نفوذ آب آغاز می گردد. واتر استاپ هیدروفیلی در برابر تماس با آب متورم می شود و افزایش حجم می دهد، اما این افزایش حجم بر خلاف واتر استاپ بنتونیتی برگشت پذیر است. واتر استاپ هیدروفیلی در دماهای بالا نیز شکل خود را حفظ می کند و فرم آن نیز هیچ تغییری نمی کند، اتفاقی که در مورد واتر استاپ بنتونیتی نمی افتد. واتر استاپ بنتونیتی سمی است و نمی توان از آن در مخازن آب شرب استفاده کرد، اما در مورد واتر استاپ هیدروفیلی این گونه نیست و این نوار کاملاً غیر سمی است. به همین خاطر است که به راحتی می توان از این نوار آب بندی در مخازن یا کانال های عبور آب شرب استفاده کرد، بدون این که هیچ گونه نگرانی برای آلودگی آن ها وجود داشته باشد. نکته‌ی مهم دیگر این است که واتر استاپ هیدروفیلی نسبت به واتر استاپ بنتونیتی ارزان تر است و نصب آن نیز آسان تر است. همین موضوع باعث می شود تا هزینه ها کاهش چشمگیری پیدا کند و کاهش زمان نصب نیز باعث می شود تا پروژه زودتر به اتمام برسد.

نکات اجرایی در استفاده از واتراستاپ هیدروفیلی

نصب و اجرای واتر استاپ هیدروفیلی بسیار آسان است و یک کارگر ساده بدون هیچ گونه آموزش خاصی می تواند این کار را با سرعت بسیار بالایی انجام دهد. بتن ریزی می تواند با فاصله‌ی بسیار کوتاهی بعد از نصب واتراستاپ هیدروفیلی انجام شود. هم چنین این نکته ی مهم حتماً باید مورد نظر قرار بگیرد که سطح اجرا قبل از نصب باید تمیز، خشک و عاری از هر گونه گرد و غبار باشد. اگر آب در حال تماس با واتراستاپ حاوی نمک باشد، انبساط آن به حداکثر نمی رسد.

✓ شرایط نگهداری واتراستاپ هیدروفیلی

به مدت 2 سال در شرایط طبیعی در بسته بندی اصلی قابل نگهداری است.

✓ دستورالعمل مصرف واتر استاپ هیدروفیلی

1.آماده سازی سطوح:

تمام سطوح باید تمیز، خشک و عاری از هرگونه ذرات چسبنده و سست باشند.

2.اعمال:

نوار واتراستاپ هیدروفیلی بایستی توسط چسب یا میخ در محل شیار موجود در بتن کف ثابت شود. سپس با فاصله کوتاهی بعد از آن بتن ریزی انجام گردد.

جهت اطلاعات بیشتر درباره قیمت واتراستاپ هیدروفیلی، نحوه اجرای صحیح واتراستاپ هیدروفیلی میتوانید با کلینیک بتن ایران تماس حاصل فرمایید

تست التراسونیک بر روی بتن (بخش ۱)

تست التراسونیک بر روی بتن یا تست سرعت پالس التراسونیک بر روی بتن، یک نوع آزمایش غیر مخرب برای اندازه‌گیری همگنی و مقاومت بتن می‌باشد. به وسیله‌ی تست التراسونیک بر روی بتن می‌توان به اهداف زیر دست پیدا کرد:

۱. ارزیابی کیفی مقاومت بتن، دانه‌بندی بتن در قسمت‌های مختلف سازه و به دست آمدن منحنی دانه‌بندی.

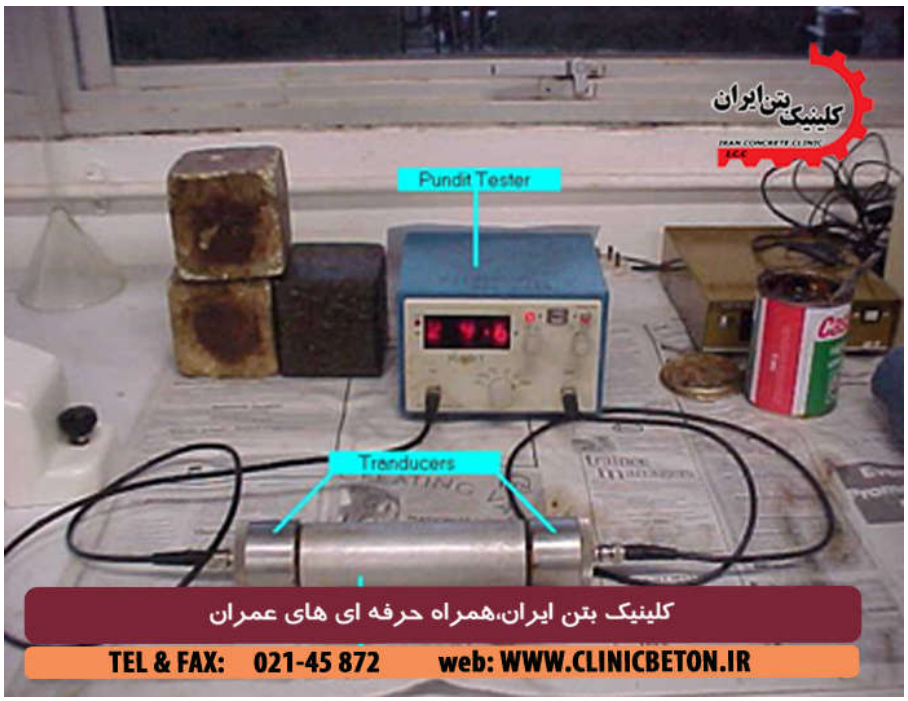
۲. پیدا کردن هر گونه ناپیوستگی در مقاطع مانند ترک، لایه لایه شدن بتن و غیره.

۳. مشخص کردن عمق ترک‌های سطح بتن.

تست التراسونیک بر روی بتن با هدف اندازه‌گیری مدت زمان عبور یک پالس التراسونیک با فرکانس ۵۰ تا ۵۴ هرتز می‌باشد که توسط یک فرستنده تولید و به داخل بتن فرستاده می‌شود. این پالس از سوی دیگر توسط گیرنده‌ای مشابه دریافت می‌شود. بدین

ترتیب زمان عبور این پالس به دست می‌آید و با استفاده از میزان طول می‌توان سرعت آن را به دست آورد. (سرعت برابر است با فاصله تقسیم بر زمان).

سرعت پالس التراسونیک به چگالی و ویژگی‌های الاستیک ماده‌ای که آزمایش بر روی آن صورت می‌گیرد بستگی دارد. هر چه سرعت پالس بیشتر باشد، به آن معنی است که مدول الاستیسیته‌ی بتن، چگالی و مقاومت آن بیشتر و بالاتر است.



اگر چه سرعت پالس با مقاومت فشاری بتن رابطه‌ی مستقیم دارد، اما هیچ گونه ارتباط عددی و فرمولی میان آن‌ها وجود ندارد.

سرعت پالس در بتن می‌تواند تحت تأثیر عوامل زیر قرار بگیرد:

۱. طول مسیر

۲. ابعاد جانبی نمونه‌ی آزمایشی

۳. وجود یا عدم وجود فولاد تقویت شونده

۴. میزان رطوبت موجود در بتن

در صورت استفاده از سنگدانه‌های حداکثر ۲۰ میلی‌متری برای طول حداقل ۱۰ سانتی‌متر و یا سنگدانه‌های ۴۰ میلی‌متری برای طول حداقل ۱۵ سانتی‌متر، می‌توان از تأثیر طول مسیر صرف نظر کرد.

شکل نمونه‌ی آزمایشی تأثیری بر روی سرعت پالس ندارد، مگر آن که ابعاد نمونه‌ی آزمایشی از طول موج پالس‌های ارسالی کم‌تر نباشد. به طور مثال برای فرکانس ۵۰ هرتز، ابعاد نمونه‌ی آزمایشی باید حداقل چیزی در حدود ۸۰ میلیمتر باشد. سرعت پالس‌ها در میله‌های فولادی و به طور کلی فولاد بسیار بالاست. برای همین در بتن‌هایی که از فولاد تقویت شده استفاده می‌کنند، ممکن است که سرعت بالای پالس مربوط به بتن نباشد و به خاطر وجود فولاد با سرعت بالایی از ان عبور کند.

اگر میلگردهای موجود در بتن بر مسیر عبور پالس‌ها عمود باشند و یا نسبت کمی آن‌ها در منطقه‌ای که پالس‌ها از آن عبور می‌کنند کم باشد، تأثیرشان بر روی سرعت پالس ناچیز خواهد بود. از طرف دیگر میزان رطوبت بتن می‌تواند تأثیر بسیار بالایی بر روی سرعت پالس داشته باشد. به طور کلی، سرعت پالس با افزایش میزان رطوبت افزایش می‌یابد و هر چه کیفیت بتن پایین‌تر باشد، میزان تأثیر آن نیز کم‌تر است.

اندازه‌گیری سرعت پالس‌ها بر روی نقاطی از سطوح بتن، یکی از قابل اتکا ترین راه‌های ارزیابی و تخمین میزان همگنی و مقاومت نسبی بتن می‌باشد.

در جدول زیر نسبت میان سرعت پالس و کیفیت بتن شرح داده شده است:

سرعت پالس	کیفیت بتن
کم‌تر از ۴ کیلومتر بر ثانیه	بسیار خوب تا عالی
بین ۳،۵ تا ۴ کیلومتر بر ثانیه	خوب تا خیلی خوب، امکان وجود کمی تخلخل
بین ۳ تا ۳،۵ کیلومتر بر ثانیه	رضایت‌بخش است اما احتمال آسیب دیدن بالاست
کم‌تر از ۳ کیلومتر بر ثانیه	بتن ضعیف

درزگیرهای بتن چیست؟

مصالح بکار رفته در درزهای بتن

مصالح متعددی در محل تشکیل درزها در دالهای بتنی بکار برده می شوند که رایج ترین آنها عبارتند از :

صفحه انعطاف پذیر :

صفحه انعطاف پذیر یک صفحه الیافی تراکم پذیر و قابل انعطاف مانند فلکس سل می باشد. این ماده ارزان قیمت است و بشکل نوارهای از پیش بریده شده با ارتفاع مورد نظر بوده و بسادگی قابل تهیه از فروشگاه های مصالح ساختمانی است. از این صفحه خصوصاً در ساخت درزهای انبساط استفاده می شود. این نوارها در اندازه های تیپ و به ضخامت 25 mm، 20 mm، 12mm برحسب اندازه درز انتخاب می شوند. پهنای درز نباید از 30mm بیشتر باشد.

شاخکها :

شاخکها آرماتورهای فولادی بطول 400-600 mm ، قطر 20-32 mm و تنش تسلیم $Fy=2500\ kg/cm^2$ می باشند.

انواع درزگیر بتن

سه نوع درزگیر موجود می باشد :

- درزگیری که بصورت گرم ریخته می شود، و معمولاً با منشاء قیری است. این نوع درزگیر امروزه به اندازه گذشته مصرف نمی شود.
- درزگیرهایی که بصورت سرد بکار برده می شوند، که در اکثر موارد شامل مخلوط دو جزیی پلی سولفید به همراه رزین و یک ماده کمکی بعمل آوری بتن است، و معمولاً محل درز توسط یک تفنگ حاوی چسب یا بتونه پر می شود و روی آن توسط کاردک بتونه گیر صاف می شود. امروزه این نوع درزگیر بیشترین کاربرد را دارد.
- مواد الاستومری پیش ساخته (لاستیک طبیعی یا مصنوعی)- این مواد گران قیمت هستند، و می بایست با فشار در محل درز که قبلاً کاملاً تمیز شده و بخوبی روغنکاری شد جاسازی شوند.

درزگیرهای بتن در ظروفی با اندازه های مختلف بر حسب مورد مصرف ارائه می شوند، و هر درزگیر برای مورد خاص خود بکار می رود. در صورتی که در مشخصات پروژه درزگیر خاصی معرفی نشده باشد، می توان از راهنمایی سازندگان مصالح ساختمانی برای انتخاب مناسب ترین درزگیر استفاده کرد.

- درزگیرها به درز خشک بهتر می چسبند و در 24 ساعت اول مصرف نباید رفت و آمدی رویشان صورت گیرد. برای این منظور می توان روی درز را با یک پوشش موقت جهت اجتناب از عبور و مرور روی آن پوشاند.
-

ورق های FRP

ورق های FRP به سبب نسبت مقاومت به وزن بالا، مقاومت در مقابل خوردگی و مواد شیمیایی، مقاومت در برابر خستگی ناشی از بارگذاری و همچنین نصب سریع در چند سال اخیر جهت امر بهسازی و ترمیم سازه ها خصوصاً سازه های بتنی به شدت مورد توجه قرار گرفته اند. لایه های با وزنی معادل ۲۰٪ وزن فولاد غالباً مقاومتی در حدود ۲ تا ۱۰ برابر فولاد از خود نشان می دهند که وجود این خاصیت سبب استفاده گسترده از الیاف فوق در صنایع گوناگون گردیده است. سالهای زیادی است که از الیاف FRP در صنایع هوا فضا استفاده می گردد. روشهای مختلف و متعددی برای این موضوع مطرح گشته است. سادگی اجرای FRP ها در عین سرعت عمل بالا، وزن کم، مقاومت کششی بالای ورق‌ها، مقاومت در برابر خوردگی، جذب ارتعاشات و افزایش مقاومت و استحکام سازه میباشد

اما در گذشته بهای نسبتاً سنگین این الیاف سبب گردیده بود که استفاده از آنها در صنعت ساختمان ناچیز و محدود باشد لیکن امروزه به دلیل گسترش تولید این مواد و به طبع آن کاهش بهای آنها و همچنین به سبب برتری های خاص این الیاف، می توان توجیه مناسب اقتصادی برای استفاده از آنها ارائه نمود.

با توجه به نوپا بودن این تکنیک تقویت، از اواسط دهه نود فعالیت های گسترده ای بر روی بررسی رفتار این پلیمرها در مقاوم سازی خمشی تیرهای بتنی بوسیله چسباندن این الیاف به ناحیه تحت کشش مقطع انجام شده است که همگی آنها بر بهبود رفتار مکانیکی و افزایش مقاومت خمشی تیرها تاکید دارند.

جهت بررسی کامل تیرهای بتنی مقاوم سازی شده واضح است که علاوه بر جنبه های مقاومتی، عملکرد اعضاء تحت شرایط بهره برداری نیز باید رضایت بخش باشند و این امر با تامین مقاومت کافی برای عضو خودبخود تحقق نمی یابد. در یک عضو که به روش مقاومت نهایی طرح شده است ممکن است تغییر مکانهای ایجاد شده تحت بارهای بهره برداری بیش از اندازه بزرگ باشد به طوری که سبب آسیب رساندن به قسمتهای غیر سازه ای شود و یا از سویدیگر، ترکهای ایجاد شده در تیرها ممکن است به اندازه ای بزرگ باشند که خوردگی آرماتورها را موجب شود و از نظر ظاهری نیز نا مطلوب باشد.

در این تحقیق آزمایشگاهی اثر ورقهای FRP در مقاوم سازی خمشی تیرهای بتن مسلح حاوی بتن با مقاومت بالا مورد بررسی قرار گرفته است. میزان آرماتور کششی و تعداد لایه FRP در ساخت نمونه ها و تقویت آنها به عنوان متغیر در نظر گرفته شده است. تعداد شش تیر بتنی دارای سطح مقطع، طول و میزان میلگرد فشاری و برشی یکسان حاوی بتن با مقاومت بالا، دارای آرماتور کششی برابر با و ساخته شده و تحت آزمایش خمش چهار نقطه ای قرار گرفته وشرایط بهره برداری آنها مورد بررسی قرار گرفته است. از شش نمونه ذکر شده دو نمونه بدونبه عنوان نمونه شاهد و چهار نمونه دیگر با یک و چهار لایه FRP مقاوم سازی شده اند.

جهت بررسی دقیق رفتار این تیرها تعداد قابل توجهی کرنش سنج روی میلگردهای کششی، فشاری و همچنین سطح بتن و FRP نصب شده که نتایج حاصله در این تحقیق دال بر عملکردمطلوب ورقهای تقویت کننده در شرایط بهره برداری می باشد.

جزئیات نمونه ها و روش انجام آزمایشات

نمونه های آزمایش

در این تحقیق ۶ تیر بتن مسلح حاوی بتن با مقاومت بالا، با سطح مقطع و طول یکسان ساخته شده و تا لحظه شکست تحت آزمایش خمش چهار نقطه ای قرار گرفتند. تیرها با توجه به مقدار آرماتور کششی آنها به دو گروه تقسیم شده و از هر گروه یک نمونه به عنوان تیر کنترل و بدون مقاوم سازی مورد آزمایش قرار گرفته و بقیه نمونه ها با یک و چهار لایه الیاف کربن مقاوم سازی شده و سپس تحت بارگذاری قرار گرفتند. طول همه تیرهای مورد آزمایش ۳۰۰ سانتیمتر بود که بر روی تکیه گاههایی با دهانه ۲۷۰ سانتیمتر مورد بارگذاری و آزمایش قرار گرفتند. با توجه به نتایج آزمایشات گذشته ، جهت افزایش اثر مقاوم سازی و تاخیر در جدا شدگی FRP از سطح بتن، طول FRP مصرفی برابر با ۲۶۰ سانتیمتر در نظر گرفته شده است که تقریباً تمامی طول دهانه تیر را پوشش می دهد.

سطح مقطع تمامی تیرها مستطیلی و به ابعاد ۱۵×۲۵ سانتیمتر در نظر گرفته شده است. آرماتور فشاری تمامی تیرها دو عدد

میلگرد با قطر ۱۰ میلیمتر و آرماتور کششی نمونه های سری الف دو عدد میلگرد با قطر ۱۶ میلیمتر و برای نمونه های سری ب دو عدد میلگرد با قطر ۲۲ میلیمتر منظور شده است. برای تمامی تیرها از آرماتور برشی یکسان استفاده شده است که عبارت است از خاموت بسته به قطر ۱۰ میلیمتر که در فاصله ۹ سانتیمتر از یکدیگر در دهانه های برشی تیر پخش شده اند و طراحی این خاموتها به گونه ای است که از شکست برشی تیرها جلوگیری شده و شکست نمونه ها بصورت خمشی اتفاق بیفتد. برای بارگذاری از دو بار متمرکز متقارن که به فاصله ۹۰ سانتیمتر از یکدیگر قرار گرفته اند استفاده شده است. به این ترتیب، مقدار دهانه برش برابر با ۹۰ سانتیمتر و نسبت طول دهانه برشی به عمق موثر برابر با ۴/۱ می شود که این مقدار، تیرهای مورد نظر را در رده تیرهای معمولی قرار می دهد.

کرنش سنجهای الکتریکی بر روی آرماتور کششی، فشاری، برشی و همچنین سطح بتن و FRP در نقاط مختلف چسبانده شده تا در بارهای مختلف قادر به اندازه گیری میزان کرنش در مقاطع مختلف بوده تا با استفاده از آن قادر به محاسبه میزان تنش و همچنین انحناء تیر باشیم. با استفاده از خیز سنجهای الکتریکی با دقت بالا که در نقاط مختلفی از تیر قرار گرفته اند، روند افزایش خیز تیر نیز به طور کامل مورد بررسی قرار گرفته است. با استفاده از دوربین ترک سنج، عرض بزرگترین ترک خمشی و برشی نیز اندازه گیری و با هر افزایش باری قرائت و ثبت می شوند.

نام هر تیر از دو حرف تشکیل شده است که حرف اول نشان دهنده میزان آرماتور کششی (سری A یا B) و نام دوم نشان دهنده تعداد لایه FRP مصرفی جهت مقاوم سازی نمونه می باشد. در جدول ۱ مشخصات تیرهای ساخته شده در این تحقیق آورده شده است.

جدول ۱: مشخصات تیرهای آزمایش شده در این تحقیق

Series	Test beam					CFRP layers
					(mm2)	
A	AH0	۲F16	۲F10	F10@9cm	۰	۰
AH1	۲F16	۲F10	F10@9cm	۶.۷۵	۱	
AH4	۲F16	۲F10	F10@9cm	۲۷	۴	
B	BH0	۲F22	۲F10	F10@9cm	۰	۰
BH1	۲F22	۲F10	F10@9cm	۶.۷۵	۱	
BH4	۲F22	۲F10	F10@9cm	۲۷	۴	

خواص مصالح مصرفی

برای هر تیر تعداد ۳ عدد نمونه مکعبی ۱۰×۱۰×۱۰ سانتیمتر در هنگام بتن ریزی نمونه ها ساخته شده و در شرایط مشابه با تیرها عمل آوری شدند. این نمونه ها در سن ۲۸ روزه تحت آزمایش فشار قرار گرفته و میانگین مقاومت فشاری آنها برابر با ۹۶۲ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع بدست آمد. برای تبدیل مقاومت فشاری نمونه های مکعبی به مقاومت فشاری نمونه استوانه ای استاندارد از ضریب ۰/۸ استفاده شد که بدین ترتیب مقاومت فشاری بتن مصرفی در تمامی تیرهای ساخته شده در این تحقیق برابر با ۷۷۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع در نظر گرفته می شود. میلگردهای آجدار مصرفی ساخت کارخانه ذوب آهن اصفهان و دارای تنش تسلیمی برابر باکیلوگرم بر سانتیمتر مربع می باشند. FRP مورد استفاده در این تحقیق از نوع کربن با جرم حجمی ۱/۷۸ گرم بر سانتیمتر مکعب بوده و ضخامت هر لایه آن برابر با ۰/۰۴۵ میلیمتر می باشد. رفتار این ماده تا لحظه شکست به صورت خطی بوده که کارخانه سازنده تنش کششی حداکثر و مدول الاستیسیته آن را به ترتیب برابر با ۳۸۵۰۰ و ۲۳×۱۰۵

کیلوگرم بر سانتیمتر مربع اعلام کرده است. کرنش شکست FRP مصرفی برابر با ۱/۷ درصد می باشد.

روش انجام مقاوم سازی

پس از بتن ریزی، نمونه ها به مدت ۲۸ روز تحت شرایط کاملاً مرطوب عمل آوری شدند. دو عدد از تیرها به عنوان نمونه کنترل بدون انجام مقاوم سازی تحت بارگذاری قرار گرفتند. سطح کششی تیرهای دیگر ابتدا توسط سنگ فرز به میزان ۱ تا ۲ میلیمتر ساب زده شده و سپس توسط استون به طور کامل تمیز می گردند. چسب مورد استفاده برای لایه اول (بین سطح بتن و FRP) از نوعبوده که چسبی دو جزئی بوده که پس از اختلاط، توسط کاردک به طور کامل روی سطح بتن مالیده شده و اولین لایه FRP روی آن قرار گرفته و کاملاً توسط چسب اشباع می گردد. برای چسباندن لایه های بعدی (بین ورقهای FRP) از چسبی دو جزئی با نام تجاری EP-IN استفاده می شود. این چسب توسط فرچه معمولی روی FRP مالیده شده و سپس لایه بعدیروی آن قرار می گیرد.

پس از کامل شدن عملیات مقاوم سازی نمونه ها حداقل به مدت ۷ روز در شرایط آزمایشگاه نگهداری شده و پس از نصب کرنش سنج های الکتریکی لازم روی سطح FRP و بتن، تحت بارگذاری قرار می گیرند. بارگذاری نمونه ها به صورت مرحله ای افزایش پیدا می کند و پس از هر افزایش بار، مشاهدات عینی، قرائت کرنش سنج ها و خیز سنج ها و همینطور نحوه گسترش ترکها روی سطح تیر به همراه عرض عریض ترین ترکهای خمشی و برشی به طور کامل ثبت می گردد.

ارزیابی نتایج آزمایشات

سختی و تغییر مکان

منحنی تیرهای مقاوم سازی شده، از ابتدا تا انتهای مرحله رفتار خطی نمونه ها به خوبی بر روی نمونه کنترل نظیر خود منطبق است لذا می توان نتیجه گرفت که در حالت بهره برداری، سختی و تغییر مکان نمونه های مقاوم سازی شده(صرفنظر از تعداد لایه FRP)، با نمونه کنترل کاملاً همخوانی دارد. اما در ناحیه پلاستیک و تا لحظه شکست، با افزایش تعداد لایه FRP، سختی تیر افزایش پیدا کرده ولی خیز آن به مقدار زیادی کاهش پیدا می کند که این امر بر کاهش شکل پذیری نمونه های مقاوم سازی شده نسبت به نمونه کنترل دلالت دارد.

عرض ترک

با توجه به اینکه ایجاد ترک در سازه‌های بتنی نه تنها اجتناب ناپذیر است بلکه برای استفاده موثر از آرماتور لازم نیز هست. مقدار مجاز عرض ترک تحت بارهای بهره برداری بستگی به شرایطمحیطی دارد. جدول ۳ عرض مجاز ترک را مطابق توصیه کمیته ۲۲۴ انجمن بتن آمریکا ارائه می کند.

جدول ۳ : عرض مجاز ترکهای خمشی

شرایط محیطی	عرض مجاز ترک (mm)
هوای خشک یا پوشش محافظ	۰/۴۱
رطوبت، هوای مرطوب، تماس با خاک	۰/۳
آب دریا، خشک و تر شدن متوالی	۰/۱۵
سازه های نگهدارنده آب	۰/۱

با افزایش FRP، طیف افقی نمودار کاهش می یابد، این پدیده حاکی از عدم افزایش قابل توجه عرض ترک با وجود جاری شدن فولاد کششی می‌باشد. همچنین در محدوده بارهای سرویس، دستیابی به عرض ترکهای بسیار کم با استفاده از FRP به خوبی قابل مشاهده است.

نتیجه گیری:

در این تحقیق با بررسی اثر لایه های فیبر کربن بر روی مقاومت خمشی تیرهای بتنی تقویت شده با FRP، نتایج زیر در حالت سرویس حاصل گردید.

الف- در حالت بهره برداری، سختی و تغییر مکان نمونه های مقاوم سازی شده(صرفنظر از تعداد لایه FRP)، با نمونه کنترل کاملاً همخوانی دارد. اما در ناحیه پلاستیک و تا لحظه شکست، با افزایش تعداد لایه FRP، سختی تیر افزایش پیدا کرده ولی خیز آن به مقدار زیادی کاهش پیدا می کند که این امر بر کاهش شکل پذیری نمونه های مقاوم سازی شده نسبت به نمونه کنترل دلالت دارد.

ب- با افزایش FRP، طیف افقی نمودار ممان – عرض ترک کاهش یافته است، این پدیده حاکی ازعدم افزایش قابل توجه عرض ترک با وجود جاری شدن فولاد کششی می‌باشد.

ج- در محدوده بارهای سرویس، دستیابی به عرض ترکهای بسیار کم با استفاده از FRP به خوبی قابل مشاهده است.

ویژگی های بتن پلیمری

بتن پلیمری (به انگلیسی Polymer Cement Concrete که به اختصار PCC نامیده می‌شود) یا بتن لاتکسی (latex concrete)، نوعی بتن است که با سیمان پرتلند و سنگدانه، درست مانند بتن معمولی تولید می‌شود، با این تفاوت که در آب مورد استفاده در آن مقداری پلیمری ارگانیک مخلوط می‌شود. به این مخلوط آب و پلیمر، لاتکس گفته می‌شود. پلیمر ماده‌ای است که از صدها مولکول ساده تشکیل شده که مونومر (monomer) نامیده می‌شود. ترکیب مونومرها با یکدیگر پلیمریزاسیون (polymerization) نام دارد و باعث تشکیل پلیمر می‌شود. اگر پلیمر فقط توسط یک نوع مونومر تشکیل شده باشد، به آن هوموپلیمر (homopolymer) گفته می‌شود، و اگر تعداد مونومرهای تشکیل‌دهنده‌ی دو یا بیشتر باشد، به آن کوپلیمر (copolymer) می‌گویند. با اضافه کردن پلیمر به مخلوط بتن، چسبناکی لایه‌های مختلف بتن افزایش می‌یابد؛ به عبارت دیگر پلیمر باعث می‌شود تا اجزای بتن بهتر با هم ترکیب شوند. هم چنین ویژگی‌های انعطاف‌پذیری، مقاومت در برابر ضربه، مقاومت در برابر نفوذ آب، مقاومت در برابر محلول‌های نمکی و انجماد آب در بتن را بهبود می‌بخشد. پلیمرهایی که از پلیمراسیون امولسیون تولید می‌شوند، به طور گسترده در بتن مورد استفاده قرار می‌گیرند. استایرن بوتادین (Styrene butadiene) و لاتکس‌های اکرلیک (acrylic latexes) موثرترین و پر استفاده‌ترین مواد پلیمری در بتن‌ها هستند. تنها بتن‌های اکرلیک در برابر اشعه ماورا بنفش دچار تغییر رنگ نمی‌شوند، بنا بر این بایستی در مواردی که بتن تحت تاثیر این نوع اشعه است، از بتن اکرلیک استفاده کرد؛ بیشتر موارد استفاده از بتن اکرلیک، استفاده از آن در کف‌پوش‌ها و یا ترمیم آن‌ها می‌باشد. برای مواردی که بتن‌ریزی در سطوح خارجی است و خصوصاً در زمانی که رطوبت زیادی در محیط وجود دارد، بتن پلیمری استایرن بوتادین بهترین گزینه است. هم چنین در موارد کمی هم از وینیل استات (vinyl acetate) استفاده می‌شود. اما این نوع بتن، در برابر رطوبت هوا ضعف‌هایی دارد و نمی‌توان از آن در مکان‌های مرطوب استفاده کرد. معمولاً پلیمر مورد استفاده بین 10 تا 20 درصد وزن سیمان موجود در بتن می‌باشد. همچنین برای مخلوط‌هایی که از لاتکس استفاده می‌کنند، نسبت آب به سیمان برای آن که بتن کارایی لازم را داشته باشد، بایستی بین 0،3 تا 0،4 باشد؛ برای مخلوط‌هایی که از اپوکسی استفاده می‌کنند، نسبت آب به سیمان باید بین 0،25 تا 0،35 باشد. در بیشتر موارد از بتن پلیمری به عنوان لایه‌ی پوششی استفاده می‌شود، که در این حالت بتن دوام و پرفورمانس بسیار بالایی دارد. یکی دیگر از ویژگی‌های اصلی و خوب بتن پلیمری که مورد توجه بسیاری قرار می‌گیرد، کارایی بالا و سهل بودن بتن‌ریزی می‌باشد.توصیه می‌شود که مخلوط کردن بتن پلیمری حتماً در موبایل میکسر صورت بگیرد، همچنین مخلوط کردن و بتن‌ریزی با بتن پلیمری بایستی در کمتر از 30 دقیقه صورت بگیرد. پیش از این که بتن در معرض هوای آزاد برای خشک شدن قرار بگیرد، بتن پلیمری به یک تا دو روز کیورینگ مرطوب احتیاج دارد. دمای کیورینگ بتن پلیمری، بایستی بین 7 تا 30

درجه‌ی سانتی‌گراد باشد تا بتن به بهترین نحو عمل‌آوری شود. میزان درصد مورد استفاده از پلیمر در بتن که مورد توافق اکثریت قرار گرفته، 15 درصد است. همچنین باید دقت داشت که آب مورد استفاده در لاتکس، بایستی در محاسبات نسبت آب به سیمان لحاظ گردد

ساختار شیمیایی و نحوه عملکرد افزودنی ها و فوق روان کننده های بتن

اکثر مواد قوام آور بر پایه رشته مولکولی پلیمرهای سنگین هستند که میل ترکیبی زیادی با آب دارند . با برهم کنش گر.ه اصلی از مولکول ها با آب و سطح ریزدانه ها ، مواد قوام یک ساختمان سه بعدی را در فاز مایع مخلوط تشکیل می دهند که لزجت و / یا تنش تسلیم خمیر سیمان را افزایش میدهد . مقاومت این ساختار سه بعدی روی بتن اثر گذاشته که باعث افزایش تنش تسلیم می شود .

برخی از مواد قوام آور بر پایه مواد غیر آلی از قبیل سیلیس کلوئیدی هستند که دارای ساختار آمورف (بی شکل) ذرات کوچک نامحلول و غیر قابل انتشار میباشند که اگر چه بزرگتر از اندازه مولکول هستند اما به اندازه کافی کوچک هستند که بدون ته نشینی در آب معلق باقی بمانند با برهم کنش یونی بین سیلیس و کلسیم سیمان یک ژل سه بعدی ایجاد می شود که باعث افزایش لزجت و یا تنش تسلیم خمیر سیمان می شود سه بعدی به کنترل رئولوژی مخلوط کمک می کنند و باعث بهبود بخشیدن به توزیع یکنواخت و معلم بودن ذرات سنگدانه ها می شود مواد قوام آور را می توان بر طبق کنش فیزیکی شان در بتن به صورت زیر طبقه بندی کرد :

1 – گروه A

این گروه شامل پلیمرهای مصنوعی و طبیعی محلول در آب است که منجر به افزایش لزجت آب اختلاط می شوند گروه A شامل اترهای سلولوزی نشاسته ژلاتینی اکسید پلی اتیلن آلودگی نیز (نمک اسیدی که در سواحل آمریکا یافت می شود) ، کرجینن (ماده کلوییدی که از جلبک دریایی قرمز خوراکی به دست می آید) ، پلی اکریلامید ، پلیمر های کربوکسی زینب و الکل پلی لینک می باشند.

2 – گروه B

لخته کنندهای آلی محلول در آ ، که با تاثیر بر روی ذرات سیمان و افزایش لزجت از طریق افزایش جاذبه بین ذره ای به صورت جذب سطحی عمل می کنند . این مواد شامل استایرن دو پلیمره (مایع روغنی که در تولید پلاستیک مصنوعی مورد استفاده قرار می گیرد) با گروه کربوکسی ، پلی الکترولیت های مصنوعی و صمغ طبیعی می باشند.

3 – گروه c

امولسیونی از مواد آلی متنوع ، که منجر به افزایش جاذبه بین ذره ای شده و همچنین ذرات بسیار نرمی را در خمیر سیمان توزیع می کند . این گروه شامل موادی هستند که حاوی امولسیون آکرلیک و رس آبدار پراکنده شده هستند

4 – گروه D

مواد غیر آلی با سطح مخصوص زیاد یا خصوصیت سطحی غیر معمول که ظرفیت نگه دارندگی آب در مخلوط را افزایش می دهند . این گروه شامل رس بسیار نرم (بنتونیت) ، سیلیکای آذرین ، سیلیکا فوم تغلیظ شده ، پنبه نسوز آسیاب شده و سایر مواد الیافی می باشند .

5 – گروه E

مواد غیر آلی ریزدانه های خمیر ملات را افزایش می دهند و به این وسیله باعث افزایش تیکسوتروپی مخلوط می گردند مانند خاکستر بادی ، آهک هیدراته ، کائولن ، خاک سنگ و سایر مصالح پوزولانی خام .

ساختار اولیه مواد گروه A ، رشته بلندی از شش کربن زنجیره ای که زنجیرها از دو طرف متصل هستند می باشد . این گروه موادی با وزن مولکولی بالا هستند که لزجت را در محلول از طریق پیوند هیدروژنی افزایش می دهند . برخی از افزودنی های خاص

که عناصر هیدروفوبیک قابل توجهی ندارند (از قبیل پلی ساکاریدهایی با وزن مولکولی زیاد) در برابر نمک و کاتیون مقاوم تر بوده ، در برابر تغییرات pH و دما پایدار بوده و کف (حباب های ریز) تولید نمی کنند . این ویژگی به پیوندهای درون ذره ای هیدروژن بین قسمت های اصلی و کناره های زنجیره و نبود واکنش در سطح مشترک هوا / آب نسبت داده می شود . عملکرد پلیمر ها در بتن را بر اساس خصوصیات زیر می توان تفکیک کرد.

1 – قابلیت افزایش لزجت در مقادیر مصرف کم

2 - کاهش ته نشینی دانه های مخلوط در وضعیت خمیری

3 - کنترل آب انداختگی

4 – تحمل مقادیر زیاد نمک

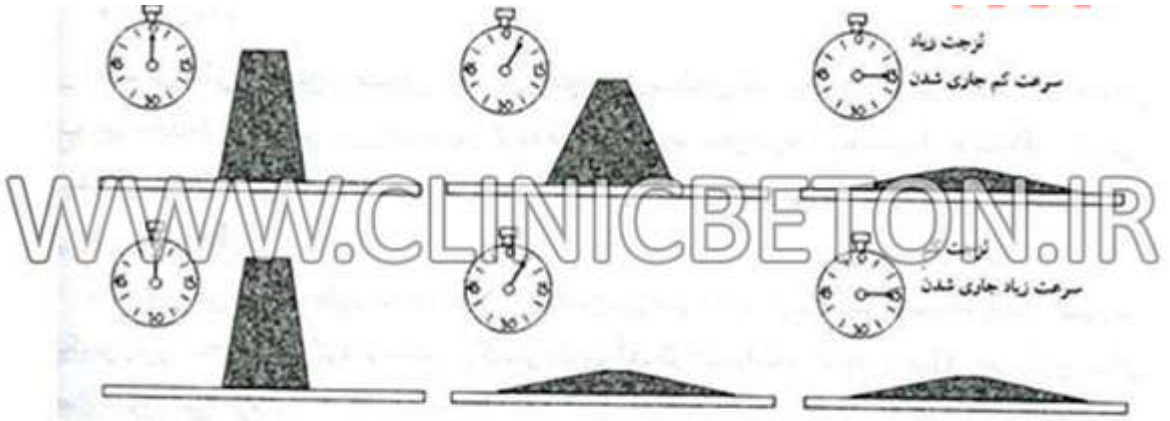
5 سازگاری با سایر افزودنی ها از قبیل مواد کاهنده آب و فوق روان کننده

6 – قابلیت ایجاد لزجت مناسب در سرعت برشی کم

7 – 3 نحوه عملکرد

عملکرد کلیه مواد قوام آور تغییر دادن خاصیت رئولوژی در خمیر سیمان است بتن تازه می تواند به صورت پایه ای توسط تنش تسلیم لزجت خمیری تعریف شود:

تنش تسلیم نیروی مورد نیاز برای حرکت را بیان می کنند تنش تسلیم به کارایی بتن تازه بستگی دارد و می توانند توسط آزمایش هایی نظیر اسلامپ ارزیابی شود .



WWW.CLINICBETON.IR

تفاوت لزجت خمیری در بتن‌هایی با تنش تسلیم یکسان (اسلامپ برابر). شکل بالا: بازشدن آرام، لزجت زیاد وشکل پایین: بازشدن سریع، لزجت کم

1- لزجت خمیری مقاومت در مقابل جاری شدن ناشی از تنش های خارجی را بیان می کنند . لزجت توسط اصطکاک داخلی ایجاد شده و سرعت جاری شدن بتن به لزجت خمیری آن بستگی دارد.

همانطور که در شکل 7-2 نشان داده شده است لزجت خمیری در بتن خودتراکم را میتوان توسط اندازه گیری زمان T50 در هنگام آزمایش روانی اسلامپ یا توسط زمان جریان از قیف v شکل ارزیابی کرد.

ایجاد تعادل بین تنش تسلیم و لزجت خمیری کلید اصلی دستیابی به خواص مناسب خود تراکمی در بتن است مواد قوام آور باعث تغییر خاصیت رئولوژی به تن از طریق افزایش لزجت خمیری می شود از سوی دیگر معمولاً تا حدی باعث افزایش تنش تسلیم و کاهش روانی می شوند افزودنی هایی که تنش تسلیم را کاهش میدهند روان کننده نامیده می شوند که معمولاً همراه با

مواد قوام آور برای بهینه کردن تنش تسلیم به کار می روند به عبارت دیگر استفاده از مواد اقوام آور باعث افزایش لزجت روانی باید تنش تسلیم مخلوط بتن را با استفاده از مواد افزودنی روان کننده کاهش داد بنابراین مواد قوام آور یکی از اعضای خانواده مواد افزودنی هستند که برای عملکردهای خاصی طراحی می شوند از قبیل :

1 - کاهش جداشدگی در بتن هایی بار روانی زیاد یا خود تراکم

2 - کاهش شسته شدن سیمان در بتن های زیر آب

3 - کاهش خطر جدا شدگی و آب انداختگی در به تنهای پمپ شونده

4 - جبران کردن دانه بندی ضعیف به خصوص کمبود ریز دانه ها در ماسه

5 - کاهش مقدار مواد پودری لازم در بتن خود تراکم

6 - کاهش آب انداختگی در بتن

7 - بهبود دادن مقاومت اولیه در بتن نیمه سخت شده

8 - بتن ریزی های حجیم (زیرا از ایجاد حباب های هوا بر روی سطح بتن جلوگیری کرده و بدین وسیله نیاز به پرداخت زیاد در سطح بتن را کاهش میدهد)

9 - برای تزریق گروت در مجراهای آرماتور بتن پیش تنیده

در صورت به کارگیری مواد قوام آور در بتون انتظار می رود که اثرات زیر مشاهده شود:

1 - خصوصیات چسبندگی قابلیت حرکت و خودت ترازی افزایش میابد

2 - زمان گیرش در بتن حاوی مواد قوا ما و بر پایه سلولوز اتر افزایش می آورد در بتن هایی که حاوی مواد قوام آور و آکریلیکی هستند زمان گیرش افزایش می یابد مگر زمانی که با فوق روان کننده ها ترکیب شوند.

3 – مقاومت در برابر جداشدگی هنگامی که بتن به داخل آب (بوصورت سقوط آزاد) ریخته می شود افزایش می یابد .

4 – با افزایش مقدار افزودنی مقدار pH و کدی آب کاهش می یابد .

5 – به دلیل قدرت نگهداری زیاد آب که این افزودنی ها در بتن به وجود می آورند به ندرت آب انداختگی به وجود می آید .

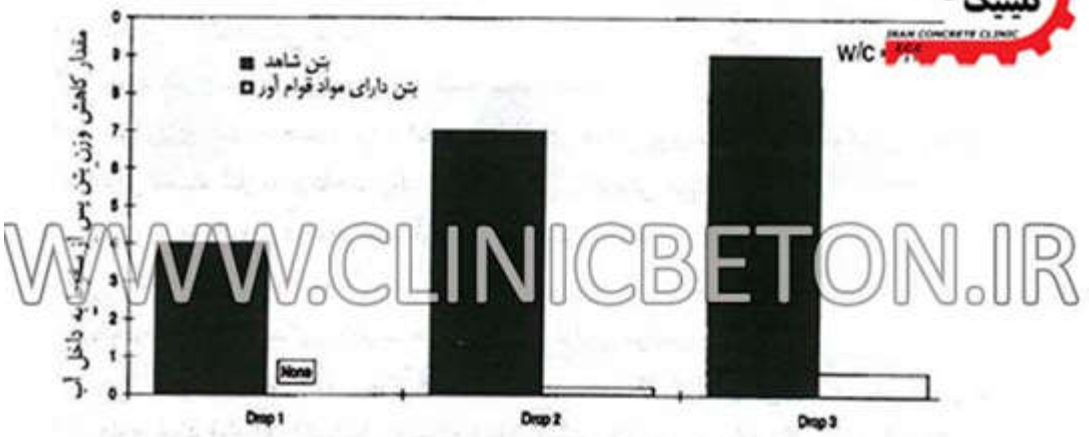
6 – برخی از افزودنی های گروه A، B و C دارای خصوصیاتی ذاتی فعال سطحی یا سورفکتانت هستند که سبب کاهش کشش سطحی فاز آبی مخلوط می شوند .

سورفکتانت ها موادی هستند که به عنوان مواد افزودنی حبابساز در بتن به کار می روند . به این ترتیب مقدار افزودنی بیش از مقدار بهینه ممکن است منجر به ایجاد حباب هوای ناخواسته شود .

7 – مقدار اندکی کاهش مقاومت فشاری ، به خصوص در سنین اولیه در مخلوطهایی با مقدار سیمان متوسط حاصل می شود . مقدار کاهش مقاومت به مقدار افزودنی ، به مقدار هوای اضافی وارد شده در مخلوط ، به اسلامپ یا میزان روانی و همچنین میزان تاخیر افتادگی گیرش بستگی دارد.

8 – نوع افزودنی و میزان استفاده به نحوی که استفاده از مقدار آب بیشتر در مخلوط را ایجاب کند باعث افزایش جمع شدگی ناشی از خشک کردن خواهد شد .

در شکل 7 – 3 برای یتنی با نسبت آب به سیمان 0/45 مقدار آب شستگی برای 1،2،3 سقوط در دو حالت بتن شاهد و بتن حاوی مواد قوام آور نشان داده شده است . همانگونه که ملاحظه می شود با افزودن مواد قوام آور مقدار آب شستگی (افت وزن بتن) به مقدار قابل ملاحظه ای کاهش یافته است .



WWW.CLINICBETON.IR

۱ مقاومت در برابر آب‌شستگی در بتن با اسلامپ ۱۸ سانتی‌متر

سازگاری با سایر افزودنی ای شیمیایی

از آنجاییکه بسیاری از مواد گروه A، B و C دارای خصوصیات ذاتی فعال سطحی یا سورفکتانت ، در هنگام استفاده از این مواد با سایر افزودنی ها از قبیل کاهنده های آب باید اثرات جانبی آنها بر روی ویژگیهای بتن خمیری و سخت شده مانند تاخیر زمان گیرش یا هوای اضافی وارد شده در نظر گرفته شود . مولکول های موادی با فعالیت سطحی کمتر برای جذب شدن بر روی ذرات سیمان با مواد فوق روان کننده رقابت می کنند به این دلیل میزان استفاده از مواد فوق روان کننده باید افزایش پیدا کند .

البته باید توجه داشت که اکثر مواد شیمیایی علاوه بر اثرات مورد نظر ، تاثیرات ثانویه نیز بر بتن بر جای می گذارند و مواد قوام آور نیز از این دسته مستثناء نیستند . اکثر مواد قوام آور اثر کمی هم روی خواص بتن در حالت تازه و سخت شده دارند اما اگر در مقدار زیاد استفاده شوند روی زمان گیرش و یا روی مقدار و پایداری حباب های هوای وارد شده اثر می گذارند . استفاده کنندگان از مواد قوام آور باید به برگه ی مشخصات ماده افزودنی که توسط کارخانه سازنده ارائه می شود ، مراجعه کنند تا اطلاعات خاص را در مورد مقدار مصرف پیشنهادی و اثرات این ماده افزودنی دیگر ویژگی های بتن را بیابند .

تاثیر درصد اختلاط سنگدانه و خمیر سیمان در بتن سبک سازه ای

بتن سبک

بتن از پر مصرف ترین مصالح ساختمانی به شمار می رود.با توجه به زلزله خیز بودن کشور ما،و نیاز به ساخت سازه های بلند، بتن سبک سازه ای از اهمیت بیشتری در ساختمان سازی برخوردار است.این بتن با کاهش وزن ساختمان هزینه های پی سازی را کاهش می دهد.همچنین با توجه به عایق بودن بتن های سبک در برابر حرارت و صدا از هزینه های مصرف انرژی جهت سرمایش و گرمایش ساختمان ها می کاهد.مقاومت این بتن در مقابل زلزله با وجود چگالی کم، بتن سبک سازه ای را به یکی از پرکاربردترین مصالح در سازه های مقاوم تبدیل کرده است.

خصوصیات بتن سبک

- مقاومت فشاری بالا
- وزن و چگالی کم
- کاهش بار مرده ساختمان

- کاهش تنش و نیروی وارد بر ساختمان از طریق زلزله
- عایق صوتی و حرارتی
- قابلیت بازیافت
- مقاومت در برابر آتش
- ساخت بلوک های ساختمانی

انواع بتن های سبک

بتن ها به سه دسته ی غیر سازه ای ، سازه ای و بتن سبک معمولی با مقومت متوسط تقسیم می شوند.

بتن سبک غیر سازه ای

این نوع بتن در عایق سازی کف و سقف و تیغه های جداساز کاربرد دارد.در ساختمان های نیاز به ایزولاسیون صوتی بیشتر، همچون بیمارستان ها، مدارس و آپارتمان ها این نوع بتن کاربرد بیشتری دارد.اهمیت استفاده از این بتن در کاهش مصرف انرژی در سیستم های گرمایشی و سرمایشی است.

بتن سبک سازه ای

این بتن ها با داشتن چگالی کمتر از 2000 کیلوگرم بر متر مربع،مقاومت فشاری بالای 17 مگا پاسگال دارند. مواد مصرف شده در ترکیب این نوع بتن عبارتند از : سیمان ، ماسه ، آهک ، مواد حباب زا ، آب و مواد افزودنی .بتن سبک از دو جزء خمیر سیمان و سنگدانه ها تولید می شود.هر کدام از اجزاء به صورت جداگانه سبک سازی می شود.

سبک سازی (سنگدانه ها)

سنگدانه های سبک با توجه به تخلخل زیاد دارای چگالی کمی هستند که به دو گروه مصنوعی و طبیعی تقسیم می شوند.

سنگدانه های مصنوعی شامل پرلیت، ورمیکولیت، لیکا، شیل منبسط شده به روش خاکسترکلوخه ای، اسلیت و ... می باشند.از جمله سنگدانه های طبیعی می توان از پومیس، اسکریا و توف نام برد.

توجه به سبک سازی و مقاومت فشاری باید در کنار هم انجام گیرد.سبک سازی باید به گونه ای باشد که حداقل مقاومت فشاری لازم برای سازه تامین شود.زیرا باکاهش وزن بتن مقاومت آن نیز کم می شود.البته نمیتوان گفت هر بتن سنگینی مقاومت فشاری بالایی دارد.

سبک سازی خمیر سیمان

یکی از روش ها استفاده از مواد حباب زا می باشد که با ایجاد تخلخل وزن بتن را کاهش می دهد.این روش با مواد طبیعی همچون سم شاخ ، خون و سایر اعضاء حیوانات یا با روش ترکیب مواد شیمیایی خاص انجام می گیرد.این نوع بتن سبک ، بتن کفی یا گازی(CLC) نامیده می شود .

ساختار بتن سبکدانه

فازخمیری (ماتریس)

مقاومت و مدول الاستیسیته بیشتر

فازذرات (سنگدانه)

مقاومت و مدول الاستیسیته کمتر

فازوجهمشترک (ناحیه انتقال)

کیفیت بهتر نسبت به بتن معمولی

طرح تعیین نسبت مناسب حجم سنگدانه به حجم خمیر سیمان

تعیین نسبت مناسب اخلاط از لحاظ مقاومت فشار، چگالی کم و هزینه مناسب تر بسیار پر اهمیت است.

مصالح سنگی این طرح ها عبارت است از سنگدانه مصنوعی لیکا و ماسه معمولی با سه دانه بندی مختلف شامل

- مخلوط ریزدانه و درشت دانه به علاوه ماسه
- درشت دانه سبک به علاوه ماسه
- ریزدانه سبک به علاوه ماسه

طرح اختلاط

در تعیین طرح نسبت آب به سیمان در تمام مراحل یکسان در نظر گرفته می شود.روش اختلاط به این صورت است که کل لیکا و یک سوم ماسه و یک سوم آب را به مدت 1 دقیقه مخلوط می کنیم.سپس یک سوم ماسه و سیمان و پدر سنگ آهک و یک سوم آب و نصف فوق روان کننده را به مدت 2 دقیقه مخلوط می کنیم.در مرحله بعد یک سوم نهایی ماسه همراه با آب و فوق روان کننده به مدت 8 دقیقه مخلوط می شوند.

در این آزمایش سه گروه بتن سبک با حجم سنگدانه متفاوت تهیه شد.باتوجه به آزمایشات با افزایش حجم سنگدانه ها نسبت به خمیر سیمان، چگالی افزایش و هزینه کاهش می یابد.

افزایش حجم لیکا به نسبت خمیر سیمان باعث کاهش سطح مخصوص می شود.استفاده از سیمان در حدود 385 کیلوگرم در متر مکعب با افزایش مقاومت همراه بود.با توجه به اینکه کاهش سیمان باعث کاهش آلودگی و کاهش هزینه می شود،این روش بهینه است.

همچنین نتیجه ها نشان می دهد که استفاده از حجم سنگدانه 2.5 به نسبت حجم سیمان اقتصادی تر است.زیرا تفاوت چندانی با مقاومت فشاری حجم سنگدانه به نسبت 2 احساس نمی شود.

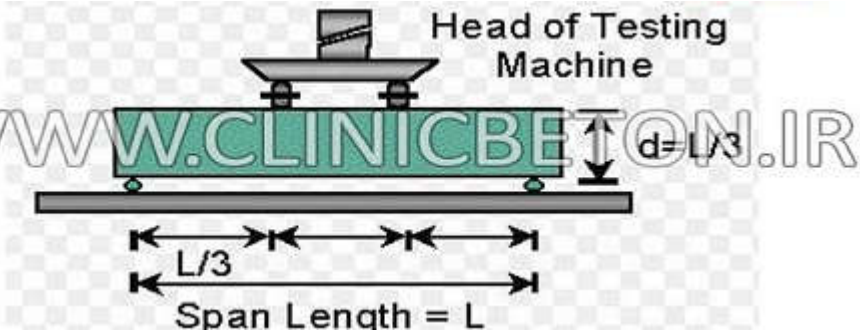
حذف لیکای ریز و استفاده از لیکا با دانه های درشت نیز تغییری در مقاومت فشاری بتن ایجاد نمی کند.که این روش باز هم به دلیل ارزان بودن لیکای درشت ، با صرفه اقتصادی همراه بوده است.

با حذف لیکای درشت هر چند مقاومت بالاتر می رود ولی با توجه به نیاز به خمیر سیمان بیشتر برای چسبندگی روشی اقتصادی نمی باشد.

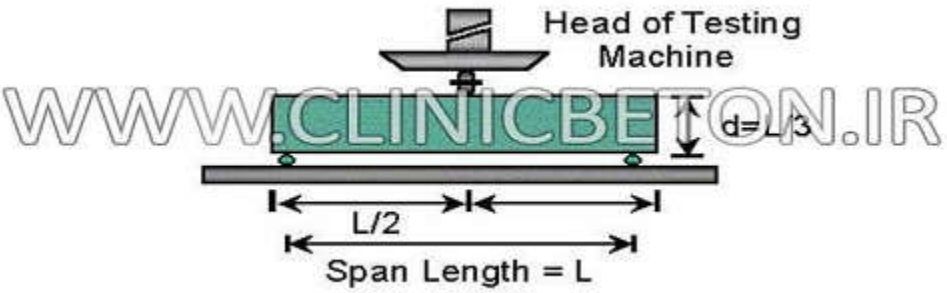
آزمایش مقاومت خمشی بتن چگونه انجام می شود

در آزمایش مقاومت خمشی بتن، در واقع ما به صورت غیر مستقیم همان مقاومت کششی بتن را اندازه‌گیری می‌کنیم. در این آزمایش، مقاومت بتن در برابر نیروهای عمودی وارد بر آن سنجیده می‌شود. به طور ساده‌تر می‌توان گفت مقاومت بتن در برابر خم شدن اندازه گیری می‌شود. مقاومت خمشی بتن به عنوان مدول گسیختگی و با یکای مگاپاسکال (MPa) یا psi به دست می‌آید.آزمایش مقاومت خمشی بتن معمولاً با استفاده از روش بار سه نقطه‌ای (ASTM C78) یا روش بار مرکزی (ASTM C293) انجام می‌شود. در شکل‌های پایین در هر کدام این دو روش را به ترتیب می‌بینید. در این مقاله برای توضیح این آزمایش، از روش بار سه نقطه‌ای استفاده می‌کنیم.

روش بار سه نقطه‌ای



روش بار مرکزی



WWW.CLINICBETON.IR

ذکر این نکته ضروری است که عدد به دست آمده از طریق روش بار مرکزی، حدود 15 درصد کم‌تر از عدد به دست آمده از روش بار سه نقطه‌ای است. همچنین در آزمایش‌ها مشاهده شده زمانی که میزان بار افزایش پیدا می‌کند، این اختلاف بیشتر می‌شود. به همین آزمایش بار سه نقطه‌ای بیشتر معمول است.درجه گسیختگی یا مقاومت خمشی بتن معمولاً 10 تا 15 درصدِ مقاومت فشاری بتن است. مواد مخلوطی در بتن، کیفیت و اندازه‌ی سنگدانه‌ها از عوامل تاثیرگذار در میزان مقاومت خمشی بتن هستند. از معادله‌ی زیر برای به دست آوردن مقاومت خمشی با داشتن مقاومت فشاری استفاده می‌شود. اما اگر مقدار دقیق آن مورد نیاز باشد، بتن بایستی در آزمایشگاه مورد آزمایش قرار بگیرد. در این معادله، fc مقاومت فشاری و fr مقاومت خمشیِ بتن می‌باشد

مقاومت خمشی بتن یکی از مقادیر بسیار مهم است که طراحان سازه برای طراحی قطعاً به مقدار آن احتیاج دارند. عوامل زیادی در مقاومت خمشی بتن تاثیر دارند که از مهم ترین آن‌ها می‌توان به رطوبت هوا در هنگام عمل آوری و شیوه‌ی عمل آوری بتن به طور کلی اشاره کرد. برای آزمایش و به دست آوردن مقدار مقاومت خمشی، به نمونه‌ای مکعب مستطیل احتیاج داریم که در استانداردهای مختلف اندازه‌های مختلفی برای آن ذکر شده است. اما معمول‌ترین اندازه‌ای که استفاده می‌شود و معمولا مورد ترجیح مهندسان عمران است، نمونه‌ای است با اندازه‌ی 150 × 150 × 750 میلی‌متر.آزمایش بایستی بلافاصله پس از خارج کردن بتن از عمل‌آوری صورت بگیرد تا هیچ‌گونه جمع شدگی در سطح بتن رخ ندهد. آزمایش مقاومت خمشی بتن در دستگاه صورت می‌گیرد که تصویر آن را در ذیل مشاهده می‌کنید.

پس از قرار دادن نمونه در دستگاه، معمولاً در ابتدا بین 2 تا 6 درصد بار نهاییِ محاسبه شده به نمونه وارد می‌شود. سپس بار به مرور افزایش پیدا می‌کند تا نمونه مرز گسیختگی برسد و در نهایت گسیخته شود. در نهایت میزان مقاومت خمشی بتن از فرمول زیر محاسبه می‌شود: که در این معادله، MR به معنای مدول گسیختگی یا مقاومت خمشی بتن است. P نیروی نهایی است که به نمونه وارد می‌شود. L طول نمونه است. b میانگین عرض نمونه‌ها در نقطه‌ی گسیختگی است. d نیز میانگین عمق گسیختگی در نمونه‌ی بتنی است. این آزمایش معمولاً بر روی چندین نمونه صورت می‌گیرد و اندازه‌ها به صورت میانگین در فرمول قرار داده می‌شود.

تاثیر عمل آوری بر دوام سطح

ساخت بتن بادوام تر دلیل معمول برای مصرف میکروسیلیس یا یک ترکیب سه تایی از مواد سیمانی در عرشه ی پل ها یا سایر کف سازی هاست. این دوام از سطح بتن شروع می شود، زیرا عمل آوری بیشترین تاثیر را روی آن دارد. به دلیل w/cm پایین بتن های مصرفی در این نوع کاربردها ، به تامین آب بیشتری طی فرآیند عمل آوری نیاز است تا از هیدراته شدن کامل سطح بتن و کسب دوام لازم اطمینان حاصل شود. اگر چه عمل آوری بر مقاومت بتن نیز تاثیر می گذارد، اما اثر عمل آوری ناکافی بر مقاومت به اندازه اثر آن بر دوام درخور توجه نیست

عمل آوری در ازای محافظت

حفاظت از کف بتنی میکروسیلیسی در مقابل پوسته شدگی و ترک خوردگی ناشی از جمع شدگی پلاستیک . به خاطر داشته باشید که حفاظت طی پرداخت کاری و بلافاصله پس از پرداخت کاری تا شروع عمل آوری نهایی ضروری است. معمولاً ، عمل آوری نهایی در اولین فرصت ممکن انجام می شود. این گفته برای عرشه ی پل ها بدین معنی است که عمل آوری باید پس از عبور ماشین پرداخت کاری یا مضرس سازی انجام شود. برای سایر کف ها ، عمل آوری باید پس از اینکه بتن به مقاومت کافی برای تحمل وزن کارگرانی که روی آن راه می روند (بدون آنکه سطح آسیب ببیند) ، رسید ، شروع شود.

عمل آوری و ترک خوردگی

مقاله های بسیاری در مورد تمایل بتن میکروسیلیسی به ترک خوردگی نوشته شده است. حقیقتی که به چشم می آید ، این است که : در بتن میکروسیلیسی عاملی وجود ندارد که مسبب ترک خوردی باشد. آنچه بحرانی به نظر می رسد ، عمل آوری بتن است. جدول ۴.۸ توصیه های انجمن میکروسیلیس برای عمل آوری و جلوگیری از ترک خوردگی را خلاصه می کند.

جدول 4.8

محافظت ، عمل آوری و جلوگیری از ترک خوردگی کف بتنی میکروسیلیسی
از اغلب ترک های کف بتنی میکروسیلیسی می توان با پیروی از مراحل زیر جلوگیری کرد:
۱. محافظت از بتن میکروسیلیسی هنگامی که بتن هنوز پلاستیک است. مه پاشی استفاده از کند کننده تبخیر پوشاندن با ورق های پلاستیک مصرف ترکیبات عمل آوری
۲. عمل آوری بتن میکروسیلیسی در اولین فرصت ممکن. عمل آوری خیس حداقل به مدت ۷ روز
۳. هرگز اجازه ندهید بتن میکروسیلیسی پلاستیک یا سخت شده تا قبل از اتمام عمل آوری خیس خشک شود.

در اینجا دو یافته در مورد عمل آوری و ترک خوردگی ارائه شده است.

ویتینگ و دتویلر (۱۹۸۸) در مطالعه خود برای برنامه تحقیقات ملی مشارکت بزرگراهی (NCHRP) به این نتیجه رسیدند که بتن های میکروسیلیسی تنها هنگامی تمایل به ترک خوردگی دارند که تحت عمل آوری مرطوب ناکافی قرار گرفته باشند. علاوه بر این دریافتند که اگر مخلوط های بتنی میکروسیلیسی ۷ روز متوالی عمل آوری خیس شوند ، آنگاه رابطه ای بین مقدار میکروسیلیس و ترک خوردگی وجود نخواهد داشت.

اداره راه و ترابری ایالت نیویورک (NYSDOT) نتیجه گیری مشابهی را برای مخلوط بتنی با عملکرد بالا در عرشه ی پل گزارش کرده است که حاوی سیمان پرتلند ، خاکستر بادی و میکروسیلیس بوده است. آنها پس از بازرسی ۸۴ عرشه ی پل با این مخلوط بتنی گزارش داده اند که : «نتایج نشان می دهد که عرشه ی پل های با عملکرد بالا در مقابل ترک خوردگی طولی و عرضی بهتر از

بتن های قبلی رفتار کرده اند.» توجه کنید که NYSDOT عمل آوری خیس ۷ روزه را مشخص کرده است. آنها اخیراً به دلیل موفقیت این روش ، ملزومات عمل آوری خیس را به ۱۴ روز افزایش داده اند.

محافظت زمستانی

بتن میکروسیلیسی از این نظر تفاوتی با بتن بدون میکروسیلیس ندارد. اگر محافظت برای بتن بدون میکروسیلیس الزامی است ، بتن میکروسیلیسی نیز باید تحت شرایط مشابه محافظت شود. برای اطلاع از شرایط بتن ریزی ر آب و هوای سرد به بتن ریزی در آب و هوای سرد ACI 306R مراجعه کنید.

بتن پیش ساخته

بتن میکروسیلیسی به طور موفقیت آمیزی در عضوهای مختلف پیش ساخته مصرف می شوند. به طور کلی تفاوتی بین مصرف میکروسیلیس در بتن پیش ساخته و بتن آماده وجود ندارد.

به طور معمول در ساخت بتن پیش ساخته که عمل آوری با افزایش دما انجام می شود ، یک دوره زمانی پیش از افزایش دما وجود دارد. این دوره برای انجام واکنش های اولیه هیدراسیون است تا بتن بتواند مقاومت کافی را برای تحمل دمای بالاتر کسب کند. طی این دوره زمانی ، سطح بتن میکروسیلیسی باید برای جلوگیری از ترک خوردگی ناشی از جمع شدگی پلاستیک در مقابل خشک شدن محافظت شود. به زبان ساده ، سطح بتن نباید طی این دوره تحت شرایط خشک شدن قرار گیرد. هرگونه روش محافظتی که قبلاً شرح داده شد ، را می توان به کار برد.

موارد متفرقه

نگرانی های مربوط به بتن ریزی ، پرداخت کاری و عمل آوری بتن میکروسیلیسی را پوشش می دهد.

برش درزها

فراموش نکنید که معمولاً کسب مقاومت کف بتنی میکروسیلیسی بسیار سریع تر از بتن بدون میکروسیلیس است. جدول زمان بندی را با این هدف بررسی کنید که مدت زمان زیادی قبل از برش درزها وجود نداشته باشد. درزها باید برای جلوگیری از ترک خوردگی در اولین فرصت ممکن بریده شوند. عمل آوری خیس را بعد از برش درزها ادامه دهید.

کشش کابل های پیش تنیدگی

کابل های پیش تنیدگی باید هنگامی کشیده شوند که بن مقاومت کافی را کسب کرده باشد. این کار نباید پس از دوره ی زمانی دلخواه مانند دوره ۳ روزه انجام داد. روند کسب مقاومت بتن میکروسیلیسی سریع است و زمان کشش این بتن زودتر از بتن بدون میکروسیلیس می باشد. نمونه هایی وجود داشته اند که در آنها کشش دیرهنگام منجر به ترک خوردگی های غیرقابل اجتناب شده است.

کف های ماله کشی شده با ماله برقی

در برخی از موارد ، روش پرداخت کاری یک مرحله ای با سطح جاروکشی و چنگک زده شده برای کاربردهای خاص قابل قبول نیست. به عنوان مثال ، یک کارگاه تولید مواد غذایی به یک کف کاملاً لیسه کشی شده برای تمیزکاری مناسب نیاز دارد. بتن میکروسیلیسی را می توان برای ساخت سطوح مناسب کاملاً لیسه کشی کرد. برای انجام این نوع پرداخت کاری ، مراحل مناسبی باید برای حفاظت بتن از خشک شدن طی دوره های زمانی عبور ماشین پرداخت کاری از روی بتن اتخاذ شود. این مراحل کاملاً شبیه مراحلی هستند که برای حفاظت از بتن همانند مه سازی یا استفاده از کند کننده تبخیر بیان شد. به خاطر داشته باشید که سطح بتن به هیچ عنوان نباید بین فرآیندهای کاری خشک شود.

رنگ آمیزی پس از عمل آوری

کشیدن علائم و نوارهای ترافیکی روی بتن میکروسیلیسی که عمل آوری آن با ترکیبات عمل آوری انجام شده ، با مشکلاتی همراه است. این مشکلات بیش از آنکه ناشی از میکروسیلیس باشند ، ناشی از ترکیبات عمل آوری هستند. هنگام استفاده از ترکیبات عمل آوری ، از سازگاری این مواد با رنگ یا پاک کردن این ترکیبات قبل از رنگ آمیزی مطمئن شوید.

ترک های روسازی بتن

ترک های روسازی بتن

1- ترکهای عرضی دال

ترکهای عرضی ممکن است به موازات درزها ظاهر شوند و می توانند حاصل تنشهای حرارتی، وجود لایه زیر اساس ضعیف به عنوان تکیه گاه، یا بارگذاری سنگین باشند. بعضی اوقات این ترکها مربوط به فاصله بیش از حد درزهای دال می باشند. درزهایی که بیش از 4.5 m از هم فاصله داشته باشند عموماً باعث بروز ترکهای عرضی در وسط دهانه دال می شوند.

همانند درزها، اگر این ترکها به خوبی آب بندی (درزگیری) نشوند ممکن است بتدریج بدتر شوند. دالها ممکن است در محل ترک دچار نقص شوند خرد شدن بتن و گسترش ترکهای اضافی موازی شود. ظهور چندین ترک عرضی منفرد در دال نشان دهنده زوال بیشتر بتن می باشد. تعداد زیاد ترک عرضی علامت خرابی **ترک های روسازی بتن** است و نیاز به تعویض کامل بتن می باشد.

2-ترکهای D

گاهی خرابی شدید بتن ناشی از کیفیت پایین مصالح سنگی می باشد. اصطلاحاً ترکهای D هنگامی گسترش می یابد که سنگدانه ها بتوانند رطوبت جذب کنند. در اینصورت آنها در سیکل ذوب شدن – یخ زدن شکسته شده که خرابی بتن را بهمراه می آورند. معمولاً، این خرابی از کف دال شروع شده و بسمت بالا حرکت می کند.

ترک ریز و کدر شدن رنگ بتن سطح در مجاورت درز اغلب علامت ظهور ترک D است. همین که این ترک در سطح نمایان شد مصالح روسازی معمولاً بشدن رو به زوال رفته اند و تعویض کامل آن لازم می باشد درزگیری (آببندی) محل ترک یا درز سبب کاهش سرعت رشد ترک D می گردد. این عیب جدیست زیرا نشان دهنده اشکال در کیفیت مصالح بکار رفته در کل روسازی می باشد.

3- ترکهای گوشه (کنج)

ترکهای قطری (مایل) در نزدیکی گوشه یک دال بتنی ممکن است رخ دهد، شکل این ترک مثلثی است که اضلاع آن درز طولی و عرضی می باشند. معمولاً این نوع ترک به فاصله 30 سانتی متری از گوشه دال رخ

می دهد. ترک گوشه در نتیجه کافی نبودن خاک تکیه گاهی یا تمرکز تنش مربوط به تغییر مکان دال بوجود می آید. گوشه های دال در اثر بار ترافیکی می شکنند. این شکست ممکن است در ابتدا بصورت ترکهایی بشکل خطوط مویی ظاهر گردند.

بعضی از ترکهای گوشه در ضخامت کامل دال گسترش می یابند در حالی که بقیه در سطح بتن شروع

می شوند و با یک زاویه بطرف پایین بسوی درز بتن امتداد می یابند. با افزایش خرابی بتن، ترکهای بیشتری بوجود می آیند؛ سرانجام کل محل شکسته شده سست و لق می گردد. این نوع خرابی می تواند موضعی باشد و یا آنکه پخش شده و نیاز به تعمیرات زیادی داشته باشد.

برای ترمیم بتن دارای ترک گوشه جزیی از وصله کاری می توان استفاده نمود، ولیکن هنگامی که ترک گوشه زیاد شده باشد تعویض کل ضخامت **بتن** ممکن است ضروری باشد.

4- ترکهای پیچ و خم دار

بعضی ترکهای روسازی بشکل غیرقابل پیش بینی ظاهر می شوند. این ترکها ممکن است از عرض دال بشکل قطری یا پیچ و خم دار عبور کنند. ترکهای پر پیچ و خم ممکن است در اثر نشست ناشی از ناپایداری خاک زیر دال یا مشکلات زهکشی بوجود آیند، و یا مربوط به نشست کانال تاسیسات برقی یا مکانیکی در زیر یا اطراف دال بتنی باشند.

2-9- D7205/D7205M, Test Method for Tensile Properties of Fi- ber Reinforced Polymer Matrix Composite Bars.

2-10- E 4, Practices for Force Verification of Testing Machines.

2-11- E 6, Terminology Relating to Methods of Mechanical Testing.

2-12- E 70, Test Method for pH of Aqueous solutions With the Glass Electrode.

2-13- E 456, Terminology Relating to Quality and Statistics.

3- اصطلاحات و تعاریف، نمادها و یکاها در میله های پلیمری الیاف دار با زمینه کامپوزیتی

3-1- در این استاندارد علاوه بر اصطلاحات و تعاریف ذکر شده در استانداردهای بتن 2-7، بند 2-8 و بند 2-13 اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به کار می رود :

3-1-1- میله

یک عنصر خطی، اغلب با سطحی موجی یا پوششی از ذرات بهم چسبیده، که قفل شدن مکانیکی داخلی بین بتن و میله را بیشتر می کند.

3-1-2- مساحت اسمی مقطع عرضی

اندازه مساحت مقطع عرضی میله که حداقل بر روی یک طول مشخص که برای محاسبه تنش استفاده می شود، تعیین شده باشد.

3-1-3- طول معرف

حداقل طول یک میله که دارای یک الگوی هندسی تکراری است و انتها به انتها قرار گرفته و دوباره تولید یک الگوی هندسی از یک میله پیوسته می کند (به طور معمول در میله های دارای سطح موجی برای قفل شدگی بهتر با بتن استفاده می شود).

3-1-4- مساحت استاندارد مقطع عرضی

مساحت مقطع عرضی یک میله فولادی تقویت کننده بتن که در جدول 1 استاندارد بند 2-2 ذکر شده است.

3-1-5- سطح موجی

اختلاف در مساحت، جهت گیری یا شکل سطح مقطع یک میله در سراسر طول آن که برای بهبود قفل شدگی مکانیکی میان میله و بتن در نظر گرفته شده است. سطح موجی می تواند از فرآیندهای متفاوتی از جمله دندانه گذاری، افزودن مواد خارجی و پیچش ایجاد شود.

3-1-6- آزمونه مجازی

یک قطعه میله کوتاه که در شرایط محیطی مشابه با آزمونه کشش قرار گرفته و برای اندازه گیری های خطی تغییر جرم در روش A استفاده می شود.

3-2- نمادها

Ftu0 ظرفیت کشش قبل از آماده سازی (اما بعد از آماده سازی اولیه)، طبق روش ذکر شده در استاندارد بند 2-9.

Ftu1 ظرفیت کشش بعد از آماده سازی قبل روش ذکر شده در استاندارد بند 2-9.

Ret حفظ ظرفیت کشش در مقایسه با اندازه گیری های خطی طبق استاندارد بند 2-9 که به عنوان درصد بیان می شود.

W0 وزن آزمونه مجازی قبل از آماده سازی.

W1A وزن آزمونه مجازی بعد از آماده سازی نهایی.

W1B وزن آزمون مجازی قبل از آماده سازی نهایی.

4- خلاصه روش آزمون میله های پلیمری الیاف دار با زمینه کامپوزیتی

4-1- این استاندارد الزامات تعیین مقاومت قلیایی میله های پلیمری تقویت شده با الیاف تحت شرایط آزمایشگاهی را ارایه می دهد. متغیرهای اصلی مورد استفاده در آزمون های آزمایشگاهی، ماهیت و غلظت محلول های قلیایی و سطح نیروی مداوم است. سه روش برای رسیدن به اهداف آزمون در دسترس است.

4-1-1- روش A برای آزمون مقاومت قلیایی آزمونه های پلیمری تقویت شده با الیاف بدون اعمال بار کشش طراحی شده است. چهار سری آزمونه در محلول قلیایی بدون نیروی کشش غوطه ور می شوند. هر سری آزمونه برای یک دوره متفاوت زمانی یک ماهه، دو ماهه، سه ماهه یا شش ماهه غوطه ور می شود. پس از زمان های لازم برای شایسته سازی، یک سری آزمونه را از محلول قلیایی خارج نموده و آزمون کشش انجام می شود. عوامل کنترل آزمون، مقدار pH و دمای محلول قلیایی و زمان غوطه وری هستند. همچنین روش A افزایش یا کاهش جرم آزمونه ها را با استفاده از آزمونه مجازی تعیین می کند.

4-1-2- روش B برای آزمون مقاومت قلیایی آزمونه های پلیمری تقویت شده با الیاف با اعمال بار کشش مداوم طراحی شده است. چهار سری آزمونه در محلول قلیایی تحت یک نیروی کشش مداوم غوطه ور
می شوند. هر سری آزمونه برای یک دوره متفاوت زمانی یک ماهه، دو ماهه، سه ماهه یا شش ماهه غوطه ور می شود. پس از زمان های لازم برای آماده سازی، یک سری آزمونه را از محلول قلیایی خارج نموده و آزمون کشش انجام می شود. عوامل کنترل آزمون سطح نیروی مداوم، مقدار pH و زمان غوطه وری هستند.

3-1-4- روش C برای آزمون مقاومت قلیایی آزمونه های پلیمری تقویت شده با الیاف قرار داده شده در یک بتن مرطوب تحت بار کشش مداوم طراحی شده است. چهار سری آزمونه داخل بتن مرطوب جاسازی شده و تحت نیروی کشش مداوم نگهداری می شوند. هر سری آزمونه برای یک دوره متفاوت زمانی یک ماهه، دو ماهه، سه ماهه یا شش ماهه آماده سازی می شود. پس از زمان های لازم برای آماده سازی، یک سری آزمونه را از شرایط محیطی خارج نموده و آزمون کشش انجام می شود. عوامل کنترل آزمون، سطح نیروی مداوم، مقدار pH و زمان قرار گرفتن در بتن مرطوب هستند.

2-4- سطح نیروی بارگذاری مداوم (برای روش های B و C) به عنوان بخشی از روش آزمون مشخص نشده است. اگر شرایط بارگذاری شناخته نشده است، تنش کششی مداوم در میله های پلیمری تقویت شده با الیاف شیشه باید با یک کشش اولیه معادل 2000 میکرواسترین (کشش ریز) تنظیم شود. سطح تنش مداوم باید گزارش شود.

5- تداخل ها در میله های پلیمری الیاف دار با زمینه کامپوزیتی

1-5- شرایط آزمون، کاهش گرمای رطوبت دار مواد پلیمری تقویت شده با الیاف کامپوزیتی به شدت وابسته به شرایط محیطی از جمله دما، رطوبت و مواد شیمیایی است. میله های پلیمری تقویت شده با الیاف باید تحت شرایط کنترل و پایش مستمر آماده سازی شوند. برای میله های آماده سازی شده در محلول های آبی، در شرایط آماده سازی محلول تغییرات زمانی بالا ممکن است منجر به تبخیر محلول شود. اگر لازم باشد، کمیت محلول باید توسط اضافه کردن هیدروکسید و سطح pH توسط اضافه کردن آب حفظ شود.

2-5- تداخل های اضافی در ارتباط با اجرای آزمون کشش را می توان در استاندارد بند 2-9 مشاهده کرد.

6- وسایل مورد نیاز برای تعیین مقاومت میله های پلیمری الیاف دار با زمینه کامپوزیتی

1-6- ترازو، برای روش A، یک ترازوی تحلیلی با دقت mg10/0 برای آزمونه های مجازی با وزن g50 یا کمتر، و با دقت mg1 برای آزمونه های مجازی با وزن بیشتر از g50 است.

2-6- برای روش های B و C، یک وسیله بارگذاری مداوم با ظرفیت اعمال و حفظ نیرو به آزمونه با دقت ٪1± نیروی ثابت مطلوب لازم است.

3-6- وسایل آزمون، وسایل آزمون کشش با ظرفیت بالاتر از ظرفیت کشش آزمونه و واسنجی شده طبق استاندارد بند 2-10 هستند.

4-6- مهارها، مهارها باید طبق استاندارد بند 2-9 باشند.

5-6- برای روش های A و B، وسیله اندازه گیری pH محلول های آبی طبق استاندارد بند 2-12 لازم است.

6-6- اتاقک محیطی آزمون، یک اتاقک آزمون در شرایط محیطی قادر به نگهداری دمای نسبی لازم با دقت $\pm 3^{\circ}C$ است. علاوه بر این، باید قادر به نگهداری شرایط محیطی همانند قرار گرفتن در معرض مایعات انجام آزمون باشد.

یادآوری- برای روش A و B استفاده از یک حمام با دمای کنترل شده برای اتاقک شرایط محیطی قابل قبول است.

7- آزمونه ها در تعیین مقاومت میله های پلیمری الیاف دار با زمینه کامپوزیتی

1-7- آزمونه های میله پلیمری تقویت شده با الیاف باید نماینده تعداد زیاد یا توده ای که آزمون می شود، باشند. در اصل آزمونه ها نباید در معرض فرآوری بیش از فرآوری ساخت قرار گیرند. برای میله های پلیمری تقویت شده با الیاف یک شبکه، آزمونه های خطی می توانند توسط برش زدن خارج از ماده غیر اصلی به گونه ای که تاثیری در عملکرد بخش آزمون نداشته باشد، آماده شوند. در هنگام نمونه برداری و آماده سازی آزمونه ها از همه تغییر شکل ها، گرما دادن، قرار گرفتن در معرض محیط بیرون با نور فرابنفش و سایر شرایطی که می تواند باعث تغییر در ویژگی های مواد آزمونه شوند باید اجتناب شود.

3-7- طول آزمونه ها باید طبق جدول الف-1 استاندارد بند 2-9 باشد.

4-7- مساحت مقطع عرضی آزمونه باید طبق هر دو روش توصیف شده در استاندارد بند 2-9، مساحت اسمی و مساحت استاندارد، باشد.

7-5- تعداد آزمونه در هر سری آزمونه برای آزمون آماده سازی اولیه و آماده سازی نهایی نباید کمتر از پنج آزمونه باشد. هر آزمونه باید به وضوح نشانه گذاری شود.

7-6- انتهای میله ها و انتهای عناصر متقاطع شبکه را با چسب اپوکسی با دمای عمل آوری دمای اتاق بپوشانید تا از نفوذ محلول در این برش ها جلوگیری کند. این شرایط را به آزمونه های مجازی اندازه گیری تغییرات وزنی نیز اعمال کنید.

7-7- تعداد آزمونه در هر سری آزمونه برای آزمون آماده سازی اولیه و آماده سازی نهایی نباید کمتر از پنج آزمونه باشد. هر آزمونه باید به وضوح نشانه گذاری شود.

7-8- محلول قلیایی در روش A و B باید نماینده ای از ترکیب آب بین حفره ای داخل بتن سیمان پرتلند باشد. ترکیب پیشنهادی محلول قلیایی شامل g5/118 از Ca(OH)2، g9/0 از NaOH و g2/4 از KOH در یک لیتر آب است. محلول باید طبق استاندارد بند 12/2 دارای pH اولیه اندازه گیری شده 12/6 تا 13/0 باشد. محلول قلیایی باید قبل و هنگام آزمون پوشیده شود تا از واکنش با CO2 هوا و تبخیر جلوگیری شود.

8- واسنجی در تعیین مقاومت میله های پلیمری الیاف دار با زمینه کامپوزیتی

دقت همه وسایل اندازه گیری باید در زمان استفاده از دستگاه ها گواهی نامه واسنجی داشته باشد.

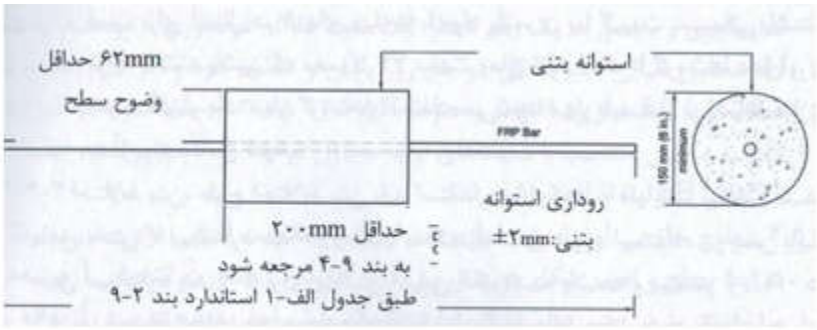
9- آماده سازی تعیین مقاومت میله های پلیمری الیاف دار با زمینه کامپوزیتی

9-1- آماده سازی اولیه همه آزمونه ها، همه آزمونه ها از جمله آنهایی که برای اندازه گیری های خطی هستند و آزمونه های مجازی برای اندازه گیری تغییرات وزنی باید طبق روش B استاندارد بند 2-6 آماده سازی اولیه شوند. برای روش A آزمونه های مجازی باید قبل از آماده سازی اولیه وزن شوند.

9-2- آزمونه ها برای روش A باید در محلول قلیایی در دمای $(60\pm3)^{\circ}C$ برای دوره های زمانی یک ماهه، دو ماهه، سه ماهه و شش ماهه غوطه ور می شود، مگر این که دوره طولانی تری مشخص شده باشد. بعد از زمان اختصاص داده شده، آزمونه ها باید از محلول قلیایی خارج و با آب شسته شوند.

9-3- آزمونه برای روش B باید در مهاربندی وسیله آزمون در هر دو انتها طبق پیوست الف استاندارد بند 2-9 نصب شوند. بخش مورد آزمون در آزمونه باید در محلول قلیایی داخل اتاقک محیطی یا قفسه نگهدارنده محلول ها و دارای دمای $(60\pm3)^{\circ}C$ غوطه ور شود. آزمونه باید در ثابت کننده بارگذاری نگه داشته شود تا در معرض نیروی کششی مداوم برای دوره های زمانی یک ماهه، دو ماهه، سه ماهه یا شش ماهه قرار گیرد مگر اینکه دوره طولانی تری مشخص شده باشد. بعد از زمان اختصاص داده شده، بارگذاری متوقف و آزمونه ها باید از محلول قلیایی خارج و با آب شسته شوند.

9-4- آزمونه ها برای روش C باید توسط جادادن بخش آزمون آزمونه ها در یک استوانه بتنی مرطوب، همان طور که در شکل 1 نشان داده شده، آماده سازی می شود. استوانه ها باید دارای حداقل قطر mm150 بوده و دارای قطر حداقل mm62 برای تهیه یک پوشش واضح از سطح بتن به سطح میله باشد. طول استوانه باید حداقل mm200 بوده، اما نباید کمتر از 15 برابر قطر میله پلیمری تقویت شده با الیاف باشد. برای میله های پلیمری تقویت شده با الیاف به صورت دو رشته به هم پیچیده، طول استوانه نیز باید بزرگتر از گام تار باشد.



ابعاد استوانه بتنی

1-4-9- آزمونه ها باید برای 28 روز در آب در دمای اتاق عمل آوری 1 شوند. مهارها باید در دو انتهای آزمونه طبق پیوست الف استاندارد بند 2-9 نصب شوند. مهارها می توانند قبل یا بعد از عمل آوری آزمونه ها نصب شوند. آزمونه ها سپس در ثابت کننده آزمون قرار گرفته به طوری که نیروی کشش مداوم بتواند برای دوره های زمانی یک ماهه، دو ماهه، سه ماهه یا شش ماهه اعمال شود مگر اینکه دوره طولانی تری مشخص شده باشد. استوانه بتنی باید مرطوب و داخل قفسه محیطی دارای دمای $(60\pm3)^{\circ}C$ در هنگام آماده سازی نگه داشته شوند. بعد از زمان اختصاص داده شده، بارگذاری متوقف و آزمونه ها باید از شرایط محیطی خارج شوند.

یادآوری 1- برای روش C لازم نیست هنگام آماده سازی رطوبت کنترل شده به طور مداوم مراقبت شود. پیشنهاد می شود از اتاقک هوا یا گرم خانه با یک ظرف روباز آب که به صورت دوره ای پر می شود، استفاده شود. هدف این است که بتن در رطوبت متعادل باقی مانده به طوری که آب بین حفره ای بتن حفظ شود.

یادآوری 2- مهارها همان طور که در پیوست الف استاندارد بند 2-9 توصیه شده، ممکن است برای اتصال در انتهای میله ها با مواد پلیمری یا گروت سیمانی باشند. توجه داشته باشید که معمولاً 72 ساعت زمان لازم است تا گروت عمل آوری شوند. اگر از یک مهار گروت دار استفاده می شود، مهار باید قبل از آماده سازی به آزمونه متصل شوند.

2-4-9- اختلاط بتن، طرح اختلاط بتن باید استاندارد با ترکیب و قلیاییت تنظیم شده طبق بخش 7 استاندارد بند 2-6 باشد. سنگ دانه های مورد استفاده در بتن باید طبق استاندارد بند 2-5 برای واکنش قلیایی الک شده باشند و بیشتر از ٪0/1 در 14 روز انبساط نشان ندهند. طرح اختلاط بتن باید مطابق بخش های قابل اجرای استاندارد بند 2-1 تقسیم بندی و مختلط شود و روش عمل آوری آن باید طبق استاندارد بند 2-4 باشد.

2-4-9- حذف استوانه بتنی، بخش بتنی احاطه کننده آزمونه های روش C باید قبل از آماده سازی اولیه حذف شود. توصیه می شود از شکافنده ابزار آزمون کشش طبق استاندارد بند 2-3 برای شکافتن بتن و حذف آن از میله پلیمری تقویت شده با الیاف استفاده شود.

5-9- آماده سازی نهایی، قبل از انجام آزمون کشش همه آزمونه ها باید طبق روش B در استاندارد بند 2-7 آماده سازی نهایی شوند.

10- روش انجام آزمون تعیین مقاومت میله های پلیمری الیاف دار با زمینه کامپوزیتی

1-10- مساحت مقطع عرضی میله را طبق استاندارد بند 2-9 تعیین کنید. مساحت مقطع عرضی اسمی و استاندارد می توانند استفاده شوند. روش به دست آوردن مساحت مقطع عرضی باید گزارش شود.

2-10- مقاومت کششی آماده سازی اولیه میله ها را طبق استاندارد بند 2-9 با استفاده از آزمونه های آماده سازی شده اولیه همان طور که در بند 9-1 توصیف شده، تعیین کنید.

3-10- برای روش A و B مقدار pH محلول قلیایی باید در ابتدای دوره آماده سازی اندازه گیری و به صورت یک رقم اعشار ثبت

شود. هنگام غوطه وری آزمونه ها، مقدار pH محلول قلیایی باید حداقل هر پنج روز پایش و تنظیم شود و اگر لازم باشد، در هنگام دوره آماده سازی، pH در محدوده pH(6/12 تا 13/0) حفظ شود. با افزایش pH، به محلول متناسب با نسبت های اولیه محلول در بند 7-8 هیدروکسید اضافه و با کاهش pH آب اضافه نمایید.

10-4- سطوح خارجی آزمونه باید قبل و بعد از آزمون مقاومت قلیایی برای مقایسه رنگ، شرایط سطح و تغییر شکل مورد بررسی قرار گیرند. به صورت انتخابی آزمونه ها می توانند برش خورده و صاف کاری شوند و شرایط مقطع عرضی آزمونه با میکروسکوپ مورد بررسی قرار گیرد.

10-5- آزمون تغییر وزن آزمونه ها برای روش A، آزمون های تغییر وزن باید بر روی آزمونه های مجازی بریده شده از مواد کاملاً یکسان که قرار است مورد بررسی و آزمون قرار گیرند، انجام شود. آزمونه های مجازی باید با ضریب صحیحی از طول معرف باید وزن شود و سپس مطابق استاندارد بند 2-7 در گرم خانه خشک شده و دوباره به عنوان وزن اولیه (W0) وزن شود. پس از غوطه وری در زمان هایی که در قبل توصیف شد، آزمونه مجازی باید از محلول قلیایی بیرون آورده شده و با دقت با آب شسته و با یک دستمال کاغذی خشک و سپس دوباره وزن شود (این وزن به عنوان WIB معرفی شده است). در انتها، آزمونه های مجازی باید در طول آماده سازی نهایی با آزمونه های تنش طبق بند 9-5 باشند و سپس دوباره وزن شوند (این وزن به عنوان W1A معرفی شده است).

10-6- آزمون حفظ ظرفیت کشش آزمونه ها برای روش های A، B و C، آزمونه ها باید در طول 24 ساعت بعد از خروج از محیط آماده سازی نهایی، برای کشش تا شکست، آزمون شوند. روش آزمون کشش باید طبق استاندارد بند 2-9 باشد.

11- محاسبات تعیین مقاومت میله های پلیمری الیاف دار با زمینه کامپوزیتی

11-1- برای روش A تغییرات وزن میله های پلیمری تقویت شده با الیاف باید طبق معادله شماره 1 و معادله شماره 2 محاسبه شود:

$$\text{Mass gain (\%)} = \frac{W_{1A} - W_0}{W_0} \times 100 \qquad \text{افزایش جرم} \qquad (۴)$$

$$\text{Mass Loss (\%)} = \frac{W_0 - W_{1A}}{W_0} \times 100 \qquad \text{کاهش جرم} \qquad (۲)$$

که در آنها:

W1A .زن آزمونه بعد از غوطه وری در زمان توصیف شده 1 و بعد از تعادل بعدی، برحسب g؛

W0 وزن اولیه آزمونه قبل از غوطه وری، برحسب g است.

11-2- ویژگی های مواد میله های پلیمری تقویت شده با الیاف باید فقط برای این آزمونه ها متحمل شکست در بخش آزمون در نظر گرفته شود. در مواردی که شکست کششی یا شکاف در بخش مهاربندی اتفاق می افتد، داده ها باید نادیده گرفته شوند و در مجموع آزمون ها باید در شرایط یکسان با شکست آزمونه انجام شوند. حفظ ظرفیت کششی برای آزمونه ها باید طبق معادله 3 با دقت دو رقم اعشار محاسبه شود:

$$R_{et} = F_{tu!}/F_{tu0} \qquad (۳)$$

که در آن:

Ret حفظ ظرفیت کشش، برحسب ٪؛

Ftu! ظرفیت کشش قبل از آماده سازی، بر حسب N؛

Ftu0 ظرفیت کشش بعد از آماده سازی، بر حسب N است.

11-3- آمار، برای هر سری آزمون مقدار میانگین، انحراف از معیار و ضریب همبستگی (برحسب ٪) برای حفظ ظرفیت کشش را

محاسبه کنید

$$\bar{x} = (\sum_{i=1}^{n} x_i) / n \quad (۴)$$

$$S_{n-1} = \sqrt{(\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - n\bar{x}) / (n-1)} \quad (۵)$$

$$CV = 100 \times S_{n-1} \sqrt{x} \quad (۶)$$

که در آنها:

$\bar{x}$ میانگین نمونه؛

Sn-1 انحراف از معیار نمونه؛

CV ضریب همبستگی بر حسب ٪؛

n تعداد آزمونه ها؛

Xi اهداف اندازه گیری شده یا به دست آمده است.

12- گزارش آزمون تعیین مقاومت میله های پلیمری الیاف دار با زمینه کامپوزیتی

گزارش آزمون باید شامل موارد زیر باشد:

12-1- ارجاع به این استاندارد ملی ایران؛

12-2- موارد معمول:

12-2-1- نام تجاری، شکل و داده های تولید کننده اگر در دسترس باشد و تعداد آزمون های تولید شده؛

12-2-2- تولید کننده سامانه الیاف و توصیف سامانه نسبت، نسبت حجمی الیاف، تولید کننده سامانه چسب و توصیف سامانه؛

12-2-3- تعدا یا علائم شناسایی آزمونه ها و آزمونه های مجازی (اگر استفاده شده اند)؛

12-2-4- طرح، قطر و مساحت مقطع عرضی، روش تعیین مساحت مقطع عرضی (مساحت استاندارد یا مساحت اسمی)؛

12-2-5- داده های شروع و پایان غوطه وری برای هر میله؛

12-3- داده های وابسته به محلول قلیایی غوطه وری:

12-3-1- ترکیب محلول قلیایی، pH، دما، دوره غوطه وری و زمان؛

12-3-2- سطح نیروی مداوم، فاصله زمانی و روش پایش و تنظیم محلول، pH محلول در هر فاصله پایش؛

12-3-3- ثبت مشاهدات سطوح خارجی، گزارش اختیاری بررسی میکروسکوپی؛

12-3-4- برای آزمونه های مجازی (فقط روش A) وزن در هر فاصله زمانی (به عنوان دریافت شده از آماده سازی اولیه، آماده سازی نهایی، قبل از آماده سازی نهایی و بعد از آماده سازی نهایی). گزارش نتایج برای هر آزمونه مجازی و برای میانگین آزمونه های آزمون شده در یک دوره زمانی؛

12-3-5- رسم درصد تغییرات وزنی در مقابل زمان، که توسط معادله شماره 1 و معادله شماره 2 محاسبه شده؛

12-4- داده های وابسته به انجام آزمون کشش:

12-4-1- دمای آزمون و بارگذاری؛

12-4-2- ظرفیت های کششی برای غوطه وری و آزمونه های غوطه وری اولیه در فواصل زمانی یک ماهه، دو ماهه، سه ماهه یا شش ماهه با مقدار میانگین و انحراف از معیار ظرفیت های کشش و مقاومت کششی؛

12-4-3- مدول الاستیسیته و مقدار میانگین به ترتیب برای همه آزمونه های غوطه وری و غیر غوطه وری؛

12-4-4- تنش نهایی برای همه آزمونه های غوطه وری و غیر غوطه وری و میانگین تنش نهایی؛

12-4-5- حفظ ظرفیت کششی؛

12-4-6- منحنی های تنش – کشش برای همه آزمونه های غوطه وری و غیر غوطه وری؛

12-4-7- رسم حفظ ظرفیت کششی در مقابل زمان آزمون.

13- دقت و اریبی در آزمون میله های پلیمری الیاف دار با زمینه کامپوزیتی

13-1- دقت، داده های لازم برای توسعه دقت در این روش آزمون در دسترس نیستند. دقت به عنوان درجه ای از توافق متقابل بین اندازه گیری های منفرد که نمی تواند تخمین زده شود، تعریف می شود زیرا مقدار داده ها کافی نیست.

13-2- اریبی، اریبی را نمی توان برای این روش آزمون تعیین کرد و مرجع قابل قبولی برای ارجاع استاندارد وجود ندارد.

کنکاشی پیرامون گروت ها

گروت (دوغاب) های پیش تنیده

خصوصیات آب انداختگی گروت این انتظار می رود که به علت ته نشینی سیمان های معلق در آب ، جدایی در گروت رخ دهد . بخصوص این مسئله در سازه های پیش تنیده که تفاوت فشار پیش تنیدگی سبب خروج آب از گروت و انتقال به فضای خالی بین لایه ها می شود ، وجود دارد . تراوش ذاتی رو به بالای آب منجر می شود که در مقطع اصلی ، رشته ها خالی از گروت شوند . بنا براین بسیار مهم است که گروت بتواند در برابر آب انداختگی مقاوم باشد و در هنگام حرکت از میان مسیر تاندون های پیش تنیدگی کارایی خود را حفظ کند.فوق روان کننده های دارای پلیمر های بر پایه آبی ، میتوانند به میزان قابل توجهی ویژگی نگه داشت آب را در گروت سیمان افزایش دهند . شکل 7-7 افت روانی گروت سیمان با نسبت آب به سیمان 0/4 که شامل مخلوطی از فوق روان کننده ها ، صمغ و سلولز با وزن مولکولی بالا می باشد را به وضوح نشان می دهد . استفاده از این پلیمرها باعث می شود که آب انداختگی در حالت سکون کاهش یابد و میزان کل آب انداختگی مخلوط به 1/5 درصد کل آب اختلاط بتن محدود شود . بر حسب نوع ترکیب مواد قوام آور و فوق روان کننده های به کار رفته در گروت، زمان گیرش ، مقدار هوا در وضعیت سخت شده و مقاومت (هنگامی که گروت با مخلوط بدون مواد افزودنی مقایسه می شود) اثرات متفاوتی را از خود نشان می دهد.

مقایسه میزان آب‌انداختگی در بتن دارای مواد افزودنی قوام آور و بدون مواد افزودنی قوام آور. مقدار کل آب انداختگی ۰/۰۱۴۵ میلی‌لیتر بر سانتی‌متر مربع [۸]

WWW.CLINICBETON.IR

جدول ۷-۳ اثر مواد افزودنی روی عملکرد گروت تزریقی

فرمول	لزجت خمیر سیمان در نرخ برشی ۵ s^{-1} (cp)	لزجت خمیر سیمان در نرخ برشی ۱۷۰ s^{-1} (cp) [1]	آب انداختگی استاتیکی *	کاهش روانی (mm)***	کاهش روانی (٪) ****
نمونه کنترل	۲۷۰	۲۱	۲۸	۷۷	۸۵
۰/۶ وزن فوق‌روان‌کننده	۷۵	۷	**۲۰	۷۳	۸۱
۰/۱ وزن صمغ ولان + ۰/۶ وزن فوق‌روان‌کننده	۶۷۰	۶۱	۳۰	۷۵	۸۳
۰/۰۵ وزن صمغ ولان + ۰/۶ وزن سوپر	۷۵	۲۵	۹	۲۷	۲۳
۰/۱ وزن صمغ ولان	۲۵۵	۵۰	۰	۱۲	۱۳
EX ۷۱۱۲	۲۵۵	۵۸	۰	۷	۸

* مقدار آب انداختگی مشاهده شده در استوانه مدرج ۲۵۰ میلیمتری در ۲ ساعت

** رسوب زیادی مشاهده شده است

*** این کمیت با اعمال فشاری برابر ۱۰ پوند بر اینچ مربع (۶۸/۹۵ کیلو پاسکال) به مدت ۱۰ دقیقه به منظور جایگیری گروت سیمان در یک کاغذ صافی اندازه‌گیری می‌شود.

**** درصد کاهش آب در کل مخلوط بتن

WWW.CLINICBETON.IR

* مقدار آب انداختگی مشاهده شده در استوانه مدرج 250 میلیمتری در 2 ساعت

** رسوب زیادی مشاهده شده است

*** این کمیت با اعمال فشاری برابر 10 پوند بر اینچ مربع (68/95 کیلو پاسکال) به مدت 10 دقیقه به منظور جایگیری گروت در یک کاغذ صافی اندازه گیری می شود .

**** درصد کاهش آب در کل مخلوط بتن

گروت (دوغاب) تزریقی

گروت تزریقی ایده آل به گروتی گفته میشود که در هنگام تزریق از لزجت کمی برخوردار باشد تا باعث تسهیل در نفوذ و نگه داشتن آب در هنگام عبور بر روی سطوح جاذب گردد و نیز ذرات سیمان را در هنگامی که تزریق قطع می شود نگه دارد . ترکیب مواد قوام آور و فوق روان کننده ها باعث تولید گروتی با پایایی بسیار خوب ، تسهیل لزجت در هنگام تزریق ، و به طور مشخص سبب کاهش افت روانی می شود . مثالی از اثر ترکیب مواد افزودنی روی عملکرد گروت تزریقی در جدول 7-3 نشان داده شده است.

گروت (دوغاب) بتن پیش آکنده

بتن پیش آکنده به بتنی گفته میشود که ابتدا سنگدانه های درشت در قالب قرار داده میشود ، سپس در روش تولید ، نسبت سنگدانه های مورد استفاده در مخلوط و سیمان مورد نیاز متفاوت است . مقاومت فشاری متداول آن دارای مقادیری در محدوده 15 تا 50 مگا پاسکال است و عموما چگالی بیشتر از بتن معمولی دارد که در دامنه مقادیر 2275 تا 2500 کیلوگرم بر متر مکعب می باشد.در ابتدا بتن پیش آکنده به دلیل مقدار کم جمع شدگی آن در هنگام گیرش و نیاز به حداقل تجهیزات برای ترمیم سازه به کار میرفت . این بتن در کاربردهای بسیاری از قبیل بتن زیر آب ، سازه های بتن حجیم (بدون آرماتور) مرمت پوشش تونل ها ، شالوده های خاص بازسازی رویه سدها ،تعمیر اسکله ها ، سرریزها و استفاده از سنگدانه هایی با چگالی زیاد در سازه های عمودی و با ارتفاع زیاد است و به آسانی می توان آن را برای بتن زیر آب همانند اجرای بتن بر روی خشکی ، جهت تولید قطعات ضخیم و

لاغر به کاربرد .کیفیت بتن پیش آکنده به کیفیت مخلوط گروت مورد استفاده بستگی دارد و لازم است که این گروت چسبنده و کارا باشد و مقاومت کافی و مورد نظر را در حالت سخت شده تامین کند . مخلوط گروت معمولا شامل سیمان ، ماسه (با نسبت یک ششم وزنی) ، مکمل مواد سیمانی (خاکستر بادی ، دوده سیلیس و سرباره) آب و مواد قوام آور می باشد . خاکستر بادی و سرباره برای نفوذ ناپذیری ، مقاومت نهایی زیادتر و مقاومت در برابر سایش (فرسودگی) کمک می کنند.

گروت (دوغاب) برای چاه های نفت

گروت سیمان با روانی زیاد با ویژگی نگهدارندگی آب را می توان در گروت پر کننده فضای بین سازند و لوله های فلزی در ساختمان چاه های نفت به کار برد این گروت باید دارای روانی زیاد بوده تا از ایجاد اصطکاک اضافی در حین بتن ریزی جلوگیری کرده و از طرفی نباید آب را در چاه به دست در نتیجه باید لزجت برشی کمی داشته باشد تا مانع از آب انداختگی و ته نشینی شود. آب به سیمان مورد استفاده این نوع بهتون در محدوده 38/0 تا 6/0 ترکیب مواد قوام آورد و فوق روان کننده ها سبب کاهش فشار ناشی از اصطکاک حس کردند آب آزاد و جلوگیری از ته نشینی می شوند زمانی که گروت اجرا شود فشار هیدرواستاتیک ستون های سیمانی تنها عامل جلوگیری از داخل شدن سیال و گاز از سوراخ های چاه است . ته نشینی ذرات باعث کاهش چگالی گروه شده و در نتیجه سبب کاهش فشار هیدرو استاتیک می شود بنابراین جلوگیری از ته نشینی گروه سیمان خمیری بسیار حائز اهمیت است.

نحوه استفاده از مواد قوام آور

بیشتر مواد قوام آور به صورت مخلوط پودری یا به صورت محلول مایع (با مشخص بودن درصد مواد جامد افزودنی) توزیع می شوند در صورت استفاده از محلول مایع مقدار مورد نیاز راحت تر مورد استفاده قرار گرفته و دقت در اندازه گیری آن افزایش میابد مقدار مصرف ماده قوام آور به عملکرد مورد انتظار بستگی دارد ولی معمولاً در دامنه 1/0 تا 5/1 درصد بر اساس وزن سیمان تغییر می کنند هرچند در موارد خاص میزان مصرف می تواند متفاوت باشد. افزایش لزجت آب مخلوط منجر به تیکسوتروپی بیشتر بتن شده و مقاومت در برابر جداشدگی را بهبود خواهد بخشید مقدار افزودنی برای گروههای A و B و C دامنه ای از 1 تا 5/1 درصد از وزن آب در داخل مخلوط خواهند داشت و معمولاً در ترکیب با فوق روان کننده ها به کار میروندمیزان غلظت ایجاد شده به مقدار افزودنی و وزن مولکولی جزء اصلی بستگی دارد مواد افزودنی گروه D و E به واسطه خاصیت پرکننده که دارند ساختار تخلخل بتن را تغییر می دهند.نوع پلیمر های محلول در آب که به منظور افزایش غلظت گروپ سیمان ملات و بتن استفاده می شود در جدول 7-4 نشان داده شده است هرچند بسیاری از پلیمرهای که در جدول 7-4 نشان داده شده است را میتوان برای افزایش لزجت آب مخلوط نیز به کار برد اما از طرفی همه پلیمر های شبه پلاستیک با سیستم سیمان سازگار نیستند تنها تعداد کمی از آنها را می توان بدون تداخل با مواد افزودنی کاهنده آب و فوق روان کننده ها برای تولید بتنی با میزان چسبندگی کافی و در عین حال حفظ روانی آن به کار برد.

جدول 7-4 انواع پلیمر ها ی محلول در آب

جدول ۷-۴ انواع پلیمرهای محلول در آب [۹]

طبیعی	نیمه مصنوعی	مصنوعی
نشاسته	هیدروکسی پروپیل متیل سلولز	الکل پلی ونیل
صمغ گیاهان	هیدروکسی اتیل سلولز	پلی اتیلن اکسید
صمغ دانه خافیا	کربکسی متیل سلولز	پلی اکریلامید
الگینیت[۲]	هیدروکسی پروپیل سلولز	پلی اکریلات
کاراگینین[۵]	مشتقات نشاسته	پلی ونیل پیرالیدن
آگار[۶]	پروپیلن گلیکل آلگنیت	———
صمغ عربی	———	———
صمغ کتیرا	———	———
صمغ زانتان[۷]	———	———
صمغ رامسان[۸]	———	———
صمغ ژلان[۹]		

WWW.CLINICBETON.IR

مقادیر مورد استفاده

دامنه مقادیر افزودنی مورد استفاده در پنج گروهی که در قسمت 7-2 توضیح داده شده مطابق زیر است :

گروه A : 2/0 تا 0/5 درصد مواد جامد بر مبنای وزن سیمان

گروه B : 01/0 تا 0/1 درصد مواد جامد بر مبنای وزن سیمان

گروه C : 1/0 تا 1/5 درصد مواد جامد بر مبنای وزن سیمان

گروه D و E 1 تا 25 درصد مواد جامد بر مبنای وزن سیمان

به دلیل اینکه مقدارمواد افزودنی مورد نیاز نسبتا کم است در هنگام توزین مصالح باید دقت نمود چه میزان افزودنی استفاده شده به درستی توزین گردد باید از تجهیزات خود کار مناسب برای پخش کردند و توزیع یکنواخت مواد افزودنی مایع استفاده گردد برای توزین پودرها می توان از پیمانه های با حجم از قبل تنظیم شده استفاده نمود مواد پودری را بر اساس وزن سیمان توزین نمود محلول های مایع مواد قوام آور مستقیم به مخلوط کن بتن اضافه می شوند.

نحوه اختلاط

در هنگام تولید بتن مواد قوام آور را بعد از اضافه کردن دانه ها در مخلوط کن و پس از اینکه سیکل کوتاهی از فرآیند مخلوط شدن پس از اضافه کردن سیمان طی شده باشد به مخلوط می افزایند بهترین جامع بودن مواد قوام آور به دلیل تمایل آنها به شناور شدن بر روی آب مخلوط مدت زمان اختلاط باید بیشتر شود تا به طور کامل از توزیع یکنواخت مواد قوام آور مطمئن شد در مراحل اولیه اختلاط خوشگل و کارایی کمی دارد به تدریج که اختلاط ادامه می آورد پلیمرها در آب حل شده و کارایی مخلوط افزایش میابد پیشنهاد می شود که در مراحل اولیه اختلاف محدود و کنترل شده باشد مساله ای نظیر اکسید پلی اتن سلولز اتر سایر پلی الکترولیت های مصنوعی نمی گیرد و در صورتی که در تماس با قرار گیرند تمایل دارند که توده هایی ایجاد کنند که معمولاً سخت تر در آخر می گردند برای اطمینان حاصل کردن از پخش شدن یکنواخت این مواد در بتن بهتر است که پیش از اضافه شدن به مخلوط در آب حل شده باشند. در مورد اکسید پلی اتیلن پخش کردن تدریجی پول در مقادیر زیاد آبی که شامل کنیم ایزوپروپانول باشد و نیز هم زدن مخلوط می توانند از تشکیل توده جلوگیری کنند همچنین امولسیون حاصله هنگامی که در

دمای انجماد قرار می گیرد ممکن است تشکیل توده دهند این مساله باید تحت شرایط خشک و دمای طبیعی (20 الی 22 درجه سانتیگراد)نگهداری شوند.

مشکلات احتمالی استفاده از مواد قوام آور

هنگامی که مشکلی در رابطه با بتن در محل کار پیش می آیند باید طرح اختلاط کلی و کیفیت اجزای سازنده امتحان شوند تا اطمینان حاصل شود که برای کاربرد موردنظر مناسب می باشند. بیشتر مواد قوام آور برای کاربرد خاص هستند بنابراین انتخاب مناسب با آن همچون استفاده از مقدار بهینه مهم است بیشتر مواد قوام آوردن مقادیر کم با اثرات کم روی سایر خواص بتن استفاده می شوند. هرچند که استفاده از مقادیر زیاد بر روی چسبندگی اثر گذاشته و باعث افزایش میزان هوای وارد شده می شود برگه مشخصات فنی محصول ارائه شده توسط کارخانه باید شامل راهنمایی در مورد تاثیرات ثانویه محصول باشد استفاده از مواد خام آور بیشتر یا کمتر نسبت به مقدار بهینه ممکن است باعث تاثیرات منفی شود استفاده از مقادیر بیشتر از مقدار بهینه مشکلات زیر را در پی خواهد داشت.

1 - کاهش کارآئی اولیه

2 – دیرگیری

3 – افزایش حباب های هوا

4 – دشواری در تمیز کردن تجهیزات مورد استفاده

استفاده از مقادیر کمتر از مقدار بهینه سبب ایجاد مشکلاتی به شرح ذیر خواهدشد:

1- شسته شدن بیش از حد در بتن زیر آب

2- عدم رفع مشکل آب انداختگی و جداشدگی

3- لزجت کم ، عدم چسبندگی کلفی

مواد قوام آور سبب کاهش روانی مخلوط بتنی می شوند. باید توجه داشت که برای رفع مشکل کاهش روانی نباید به مخلوط بتنی آب اضافه کرد. زیرا این عمل نسبت به آب به سیمان مخلوط تغییر داده و سبب ایجاد مشکلات دیگری نظیر کاهش مقاومت بتن و آب انداختگی می شود. برای رفع این مشکل باید از مواد افزودنی استفاده کرد. اضافه کردن فوق روان کننده ممکن است در غلبه بر کاهش کارایی ناشی از استفاده از مواد قوام آور لازم باشد. مواد قوام آور سبب کاهش روانی مخلوط بتنی می شوند.

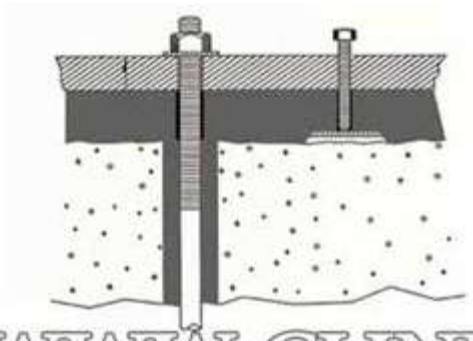
تفاوت گروت های پایه اپوکسی و گروت های پایه سیمانی

- زمان کارپذیری و روانی اولیه: تقریبا مشابه می‌باشند.

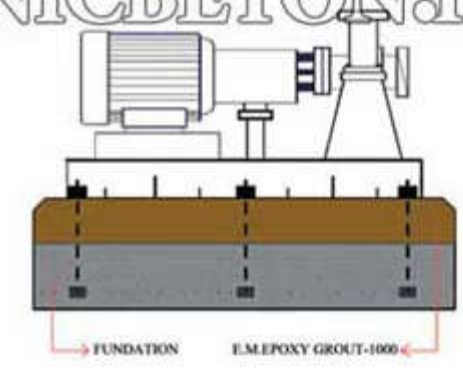
- مقاومت فشاری، خمشی و کششی: گروت‌های اپوکسی دارای مقاومت فشاری، خمشی و کششی بسیار بالاتری در همه سنین نسبت به گروت‌های سیمانی می‌باشند.

- مقاومت چسبندگی به سطوح: گروت‌های اپوکسی دارای مقاومت چسبندگی بسیار بالاتری نسبت به گروت سیمانی می‌باشند و به همین دلیل می‌تواند نیروهای برشی را تحمل کند و در صفحه ستون‌ها نیروهای جانبی ناشی از باد، زلزله و ... را از صفحه به پی منتقل کند. ضعف اصلی گروت سیمانی نسبت به گروت اپوکسی در همین مشخصه می‌باشد. مقاومت چسبندگی گروت اپوکسی به بتن بیشتر از 5/2 مگاپاسکال که برابر است با مقاومت چسبندگی اجزای بتن به هم (مقاومت کششی بتن) می‌باشد.

- پایداری در برابر بارهای دینامیکی: با توجه به مقاومت خمشی و برشی بالای گروت اپوکسی، این نوع گروت پایداری بسیار بالایی در برابر این نوع بارها دارد و برای این شرایط گروت سیمانی توصیه نمی‌گردد.



WWW.CLINICBETON.IR



- مقاومت شیمیایی: مقاومت شیمیایی گروت اپوکسی در برابر مواد نفتی، آب دریا، روغن، آمونیاک، اسید و ... به مراتب بالاتر از گروت سیمانی می‌باشد.

- روش اجرا: در گروت پایه سیمانیMTOFLOW2500 یا تیپ G2 معمولا سه جهت از بیس پلیت را می بندیم و دوغاب را به زیر بیس پلیت هدایت می کنیم در گروت اپوکسیMTOFLOW650 یا تیپ G3 باید در مورد مدیریت صحیحی بکار برد چون بعد از اختلاط 3جزء 25 دقیقه به ما مهلت می دهد تا آن را مصرف کنیم ،جهت اطلاع بیشتر با بخش فنی کلینیک بتن ایران تماس حاصل فرمایید.

- قیمت: قیمت گروت‌های اپوکسی به مراتب بیشتر از گروت‌های سیمانی می‌باشد،جهت دریافت قیمت این محصولات با قسمت بازرگانی کلینیک بتن ایران تماس حاصل فرمایید.

گروت ها و نحوه استفاده آنها

مخلوطهای گروت آماده :

مخلوطهای گروت آماده جهت مصارف مختلفی چون، زیر صفحه ستونها، آنکربلت ها (انکربولت، انکربلت)، نصب ریل ماشین آلات، برینگ پلها، پلت ها، ریلها، حایل ها و... کاربردی دارند. این گروتها به گونه ای طراحی شده اند که توان جذب نیروهای وارده و انتقال آنها به بخش زیرکار را داشته باشند.برای مثال در هنگام نصب انواع ماشین آلات نیروهای وراده از آنها توسط گروت یا ملات به فنداسیون بتنی منتقل می گردند. ملاتها و گروتها موجب حصول مقاومتهای مطلوب و مطمین و همچنین اتصال پایدار بین ملات و سازه ای که قرار است بر روی آن گروت یا ملات قرارگیرد از یکطرف و سطح زیرکار از طرف دیگ می گردند.

بطور کلی دو روش ملات ریزی در داخل حفرات در محل اتصال آنکربلت وجود دارد که عبارتند از :

الف – گروت یا ملات خشک (Dry-pack Mortar) : در این روش ملات با استفاده از نیروی تراکمیTamping جایگذاری می شود.

ب – گروت یا ملات سیال (Flow Mortar) : بعلت روانی در هنگام ریختن، گروت یا ملات خود به خود جایگذاری می شود. هرچند مصرف **گروت** یا ملاتهای نوع خشک بطور کاملاً رضایت بخشی در عمل در کارهای ساختمانی بکار برده می شود ولی این روش جایگذاری همیشه روش مناسبی نیست، به همین خاطر است که در عمل تمایل به استفاده از روش ملات سیال رو به افزونی دارد. روش ملات سیال در محلهایی که حفرات تقریباً بسته و مسدود و غیر قابل دسترسی بوده بیرون از آن، گروت کاری براحتی امکان پذیر نیست کاربرد فراوان دارد.

چرا ملاتهای مخلوط گروت آماده ترجیح داده می شوند؟

ملاتهای گروت طراحی شده برای گروت کاری می بایست پاسخگوی کاربردها، عملکردها و نیازهای مشخصی همچون موارد زیر باشند.

- قوام یافته و سیال باشد و در حالت معمولی جاری شود.
- دچار جداشدگی آب و سنگدانه از هم نشده و ته نشین نشود.
- دچار جمع شدگی قابل ملاحظه نگردد.
- توان نگهداری آب ملات بتنی و سیمان را داشته باشد.
- در حداقل زمان به مقاومت مطلوب دست یابد.

مجموعه موارد ذکر شده در بالا نیازمند همگونی مخلوط، مواد چسباننده و مصالح سنگی (دانه بندی) و موادافزودنی بتن هستند. چنانچه مخلوط گروت در کارگاه ساختمانی ساخته شود و از مصالح سنگی موجود استفاده بعمل آید، دانه بندی مناسب بدست نخواهد آمد و ضمانت لازم نیز امکان پذیر نخواهد بود.برای بدست آوردن درصد بهینه مواد چسباننده و افزودنی (اگر نیاز باشد) و مصالح سنگی در چنین شرایطی از نظر تکنیکی تقریباً غیر ممکن خواهد بود و از نظر اقتصادی نیز کاملاً غیر اقتصادی است. به همین دلیل است که ازملات مخلوط آماده گروت بطور ایده آل برای ملات ریزی گروت و گروت کاری استفاده بعمل می آید. این نوعملاتهای مخلوط آماده گروت تحت شرایط کنترل شده و فرموله شده و از پیش مخلوط شده در کارخانه بسته بندی می شوند. از آنجاییکه خصوصیات عملکرد این مواد بطور دقیق مشخص و معلوم است، چنانچه طبق راهنمای سازنده بکار برده شوند و همچنین بطور مناسب مخلوط، تحکیم و عمل آوری شوند، نتایج مثبت و رضایت بخشی را بدنیال خواهد داشت.

ملاتهای گروت آماده

شرکت کلینیک بتن ایران تولید کننده و عرضه کننده گروتها و ملاتهای مخلوط آماده گروت بر پایه سیمان، رزین اپوکسی و پلیمری (بسپار) می باشد.مهمترین عامل در انتخاب ملات گروت برای یک کاربرد مشخص بستگی به شرایط و خواسته های مورد نیازسرویس، گروت ریزی و یا گروت کاری دارد. هریک از این نوع ملاتها دارای خصوصیات عملکردی مشخص و منحصر بفردی می باشند که پاسخگوی نیازهای موجود خواهند بود.

- گروت منبسط شونده بر پایه سیمان
- گروت سیمانی اصلاح شده با مواد پلیمری
- گروت اپوکسی دوجزیی و یا سه جزیی
- گروت آماده منبسط شونده

ملات، گروت سیمانی منبسط شونده با مقاومت اولیه و نهایی بالا و زود رس که به دمای آب و هوایی محیط و زمان مصرفی بستگی دارداین ملات بصورت پودر خشک بسته بندی شده، گروت آماده مصرف می باشد و در هنگام ترکیب با آب، دارای خصوصیت و یژه انبساط حجمی دو مرحله است.انبساط اولیه آن حاصل تصعید گازها بوده و هنگامی بوقوع می پیوندد که پودر آن با آب ترکیب می شودو به مدت 15 تا 30 دقیقه بطول می انجامد. فاز دوم انبساط نیز در اثر واکنش شیمیایی گیرش ملات است که یک یا دو روز بعد از اختلاط ملات آغاز می شود.

به منظور حصول انبساط اولیه بهینه بایستی ملات را پس از اختلاط با آب سریعاً مورد استفاده قرارداد. گروت مخلوط آماده از نوع گروت ضد سولفات بوده و دارای سیمان پرتلند ضد سولفات بر طبق ASTM C 150 نوع V و پودرمیکروسیلیکا می باشد. این ملات مخصوص دمای بالای 10° c - 40° c بوده و چنانچه ملات ریزی در زیر دمای یاد شده صورت گیر و نرخ کسب مقاومت کندتر خواهد شد.

گروت اصلاح شده پلیمری

ملات سیمانی اصلاح شده با مواد پلیمری دارای دو جزء می باشد.

- جزء مایع A : رزین پلیمری
- جزء مایع B : مخلوط سیمان با مقاومت بالا و دانه بندی ویژه با ماسه سیلیسی شکری، با بهترین خواص روان کنندگی.

در هنگام ملات ریزی تنها کافیست دو جزء B و A با هم مخلوط شوند. این ملات دارای خصوصیات زیرمی باشد :

1- مقاومت کششی و خمشی بالا
2- خاصیت آببند کنندگی مطلوب
3- مقاومت سایشی بالا
4- پیوند قوی با زیرسازی (معدنی)
5- مقاومت بالا در برابر اثر آب شور دریا

گروت اپوکسی

این گروت اپوکسی شکل پذیر و بدون حلال شامل 3 جزء می باشد.

رزین اپوکسی، سخت کننده، عمل آورنده آمین و دانه بندی ویژه سیلیسی

در هنگام مصرف کافیست سه جزء آن با هم مخلوط شوند.

این ملات دارای خصوصیات زیر است :

1- سخت شدن سریع که دمای محیط بستگی دارد
2- قابلیت بالای چسبندگی به زیر کارهای معدنی و فولادی
3- مقاومت در برابر ارتعاشات شدید
4- سخت شدن بدون جمع شدگی
5- مقاومت بالا در برابر حملات مواد شیمیایی
6- مقاومت مکانیکی بسیار زیاد

موارد مصرف :

- گروت کاری و ملات ریزی برای پیوند محکم سازه ای در شرایط باربری دینامیکی
- در صنایع، شامل : کارخانه و ماشین آلات موتوری، ژنراتورها، پمپها، ریل جرثقالها، سیستمهای انبارهای بلند
- در کارهای ساختمانی، شامل : برینگ پلها، پایه گاردهای محافظ دست اندازها، تیرهای راهنمایی لامپهای استاندارد انکربلتها.
- در صنایع ساختمانی، شامل : ستونهای پیش ساخته بتونی و یا فولادی، اجزاء ساختمان پی ها، تصفیه ستونها، اتصالات، روزنه های لوله کشی.
- تعمیرات بتن، شامل : روسازی حفرات سنگها و فواصل آنهاپر کردن حفرات

مورد کاربردی

آماده سازی زیرکار

موفقیت در انتقال نیروهای وارده توسط مواد پیوند دهنده کاملاً به زیر کار بستگی دارد.

این موفقیت ذکر شده را می توان در 3 واژه خلاصه کرد.

1- سلامت (Sound)2- تمیزی (Clean)3- ثبات (Stable)

زیرکار سیمانی می بایست :

- عاری از هر گونه چربی یا گرد و غبار، روغن و مواد آلوده باشد.
- عاری از هرگونه روغن قالب و مواد عمل آورنده باشد.
- عاری از هرگونه پوسته و بخشهای سست و لق باشد.
- عاری از پوسته سیمانی و دوغاب سیمان باشد.

زیرکارهای فلزی می بایست :

- عاری از هرگونه روغن، چربی، گرد و غبار و مواد آلوده باشند.
- عاری از لایه های پوسته ورقه شده باشند.

روشهای آماده سازی سطوح زیرکار

انتخاب نوع روش آماده سازی سطوح زیرکار به عواملی چون :

شرایط زیرکار، امکانات محلی و نوع ملات مصرفی بستگی دارد. سطح قدیمی را می توان با استفاده از روشهای زیر آماده کرد.

- سند بلاست نمودن، واتربلاست شدید، قلم و چکش کاری، مضرس کردن و خراش دادن سطوح، خراشیدن و زبر کردن سطوح

عامل اصلی پیوند و چسبندگی ملات با سطح زیر کار است.

- باید به این نکته توجه داشت که زیرکردن بیش از اندازه سطوح موجب جلوگیری از روان شدن ملات بر روی سطح می گردد.

رطوبت در بتن زیرکار

هنگامیکه زیرکار از نوع بتنی، ملات سیمایی و یا ملات سیمانی اصلاح شده با مواد پلیمری باشد، مرطوب بودن زیرکار الزمی است. اشباع کردن زیرکار از آب موجب جلوگیری ازخشک شدن ملات مصرفی (در اثر جذب آب ملات توسط زیرکار) شده و باعث افزایش چسبندگی می گردد.

سطح زیرکار خشک موجب از دست رفتن آب ملات و مایع پلیمری آن می گردد که نتیجه آن، ضعیف شدن چسبندگی در محل اتصال است. مدت زمان مرطوب نگه داشتن زیرکار به درجه جذب آب زیرکاربستگی داشته و بایستی مقدار آب مازاد را قبل از ملات ریزی با استفاده از پمپ، اسفنج، فشارباد، دستگاه و کیوم و... جمله آوری کرد. ملاتهای اپوکسی برخلاف ملاتهای سیمانی برای بوجود آوردن پیوندی قوی نیازمند زیرکاری خشک هستند ولی گروتهای چسباننده کلینیک بتن حتی در محلهای کم رطوبت نیز بخوبی می چسبند.

قالب گذاری

طراحی قالبها باید به گو. نه ای باشد که در حین گروت و ملات ریزی هیچگونه تغییر و جابجایی در آنها بوجود نیاید. قالبها راباید بالاتر از سطح گروت کاری در نظر گرفت. این مقدار اضافی راباید برای اطراف نیز در نظر گرفت. در گروت و ملات ریزی بایستی اطمینان حاصل نمود که هوای محبوس درون ملات از آن خارج شود.پس باید روزنه های باز را در سمت مخالف محل گروت و یا ملات ریزی و یا در گوشه ها و زاویه ها تعبیه نمود. این روزنه ها محلی برای بررسی گروت و ملات ریزی در حین کار خواهند بود. ژوینهای موجود در قالبها و یا هر نوع وسیله فاصله دهنده در محل اتصال قالبها، زیرکار با محلهای نصب و سوار کردن باید برای جلوگیری از نشت شیره ملات مسدود شوند. برای اینکه این قالبها براحتی باز شوند می توان از مواد رها کننده قالب همچون روغن قالب با کیفیت بالا استفاده به عمل آورد و از مواد پارافینی نیز برای ملاتهای اپوکسی استفاده کرد.

آماده سازی مخلوط ملات

هر جا که امکان مصرف ملات مخلوط آماده وجود دارد می توان از تمامی محتوی بسته استفاده نمود. در صورت چند جزیی بودن مواد، می توان آنها را با هم مخلوط نمود و در صورت یک جزیی بودن ملات می توان از دستورالعمل استفاده نمود. باید توجه داشت که حتماً یک نمونه کوچک از ملات تهیه شود و همچنین در هنگام اختلاط اپوکسی، به علت قیمت بالای آن بهتر است راهنمای

سازنده را بطور دقیق اجرا نمود.
رعایت نکات زیر الزامی است :
- مواد تشکیل دهنده ملات از قبل آماده شده سیمانی خشک و یا مصالح سنگی بخش اپوکسی را باید تماماً در یک ظرف خالی کرد و کاملاً مخلوط نمود تا در اثر جابجایی در حمل و نقل ته نشینی در آن بوجود نیاید.
- اصلاح نمودن مخلوط نسبت بندی شده توسط مواد افزودنی دیرگیر یا افزودنی زودگیر مجاز نمی باشد.
- ملاتهای مایع را باید با سرعت کم مخلوط نمود تا از هوادهی به درون مخلوط ملات جلوگیری به عمل آید. در چنین حالاتی حبابهای هوای وراد شده به درون ملات بر روی سطح ملات مایع آمده و در هنگام نصب صفحه ستونها و ماشین آلات موجب کاهش اتصالات بین ملات آنها می گردد. در صورتیکه امکان داشته باشد بهتر است تا عمل هواگیری (Ventilater) از مخلوط ملات بصورت محدود انجام شود.
کارگذاری مخلوط (ملات ریزی)
هنگام گروت ریزی در زیر صفحه ستونها و... باید محل ریختن کاملاً از ملات پر شود. ملات سیمانی باید بطور پیوسته ریخته شود. چنانچه از فشار ملات ریزی کاسته شود، به حالت شل (Sluggish) در آمده و نهایتاً روانی آن از بین رفته و روان کردن مجدد آن مشکل خواهد بود.در این رابطه ملات رزینهای مصنوعی دارای مصرف راحتری هستند. این ملاتها در هنگام ریخته شدن به شکل آهسته و مطمین در جریان خواهند بود تا اینکه به بخش مقابل قالب برسند. حتی در صورتیکه عمل ریختن ملات به دلیلی متوقف شود به محض اینکه ملات جدید ریخنه شدف ملات قبلی شروع به حرکت می کند.برای اینکه مابین سطح ملات زیخته شده و زیر صفحه ستون فاصله ای بوجود نیاید سطح ملات ریخته شده از سطح زیرین صفحه ستون پایین تر بیاید.
برای اینکه جریان روان ملات در زیرصفحه ستون به سادگی امکان پذیر باشد باید اعمال زیر را به انجام رسانید :
کوبیدن ملات با استفاده از میله اسلامپ و یا یک قطعه چوب از محل ریختن ملات (روزنه)
کشیدن حلقه هایی از سیم یا زنجیر از طرف مقابل روزنه
کوبیدن آرام بر روی پهلوهای قالب بوسیله چکش
عمل آوری
تمامی ملاتهای سیمانی و اپوکسی برای اینکه از تبخیر سریع رطوبت در امان باشند باید عمل آوری شوند. عمل آوردن ملات با استفاده از مواد پوشش دهنده (کیورینگ) و یا با استفاده از گونی خیس پس از ریختن ملات به انجام می رسد و با توجه به شرایط آب و هوایی سه روز ادامه می یابد. در این میان ملاتهای اپوکسی احتیاج به عمل آوری خاصی ندارند.
نمونه کاربردی ملات گروت مایع
نصب زیر سری ماشین آلات
ملات و گروت مایع به انکر بولت نمودن زیر صفحه ماشین آلات، باید توان جذب نیروهای اساتیکی و دینامیکی و انتقال آنها از ملات به زیرکار بتنی را داشته باشد. انواع تنشهای کششی، برشی، فشاری و بار دینامیکی ممکن است بیش از اندازه بار استاتیکی باشند. برای اطمینان از اینکه بار وارده تماماً به زیر کار انتقال می یابد باید چسبندگی بین صفحه زیرسری و ملات مناسب باشد. به همین خاطر است که باید از تمرکز تنشهای منطقه ای جلوگیری کرد پس در نتیجه ملات باید عاری از هر نوع حباب هوا بوده و دارای قوام و روانی مطلوب باشد. ملات نیز باید بصورت پیوسته و بدون توقف به انجام برسدباید توجه داشت که قبل از گروت ریزی اطراف انکربلتها، گروت کاری شوند و پس از آن ملات زیر صفحه در یک مرحله ریخته شود.
پی (فوتینگ) ستونها و دیوارهای حایل
در این نوع زیرکار، ملات و گروت تنها نقش جذب نیرو و انتقال بارهای استاتیکی را ایفا می کنند
صفحه ستونهای فولادی

در مکانهاییکه اندازه های فوتینگ مناسب باشند پیشنهاد می شود از روش جای دادن مواد خشک (Dry pack) برای اجرای گروت و یا ملات کاری استفاده شود. اگر قرار بر این باشد که زیر صفحه ستونها از ملات مایع پر شود باید حتی الامکان از آب آوری و ایجاد حباب هوا در ملات جلوگیری بعمل آید.

ستونها پیش ساخته بتنی با آرماتورهای اتصال آماده

در این حالت باید اطمینان حاصل نمود که حفره های طراحی شده به شکل مناسبی گروت کاری شده اند. این نوع انکرها می توانند به دو صورت به انجام رسند.

- این طرح از نظر تکنیکی ترجیح داده می شود. زیرا اتصال فولاد به بتن بهتر کنترل شده و مطمئن تر است.
- اثر توقف در حین ملات ریزی در کل ملات ریزی دارای کمترین حساسیت می باشد.

انکربلتها

برای گروت کاری انکربلتها و پن ها، مخلوط ملات باید به حد کافی قوام و روانی داشته باشد تا سطح اتصال بلتها و جداره حفره ها را بخوبی آغشته از مواد چسبنده نماید. حفرات تعبیه شده باید به اندازه ای باشند تا فاصله کافی برای جریان یافتن ملات در اطراف بلت را مهیا نمایند. حداقل فاصله بین شفقت بلت با جداره حفره باید تقریباً سه برابر بزرگترین اندازه دانه بندی موجود در مخلوط ملات باشد.

پر کردن حفرات بزرگ

در هنگام پر کردن حفرات بزرگ باید تمایل جمع شدگی ملات سیمانی را در نظر گرفت. همین مساله را در موردملات رزین اپوکسی نیز باید در نظر داشت (زیرا با واکنش حرارت زا همراه است.) با افزودن مصالح سنگی درشت دانه به مخلوط آماده گروت تمامی این تاثیرات جبران می گردند.

الف) افزودن مخلوط سنگی درشت دانه به ملات مخلوط شده

با توجه به اندازه حفرات می توان از مصالح سنگی با اندازه های متفاوت استفاده کرد(اندازه های...، 32-16، 16-8، 8-4 میلیمتر). مقدار مصالح سنگی درشت دانه بسته به درجه کارایی مورد نظر تعیین می شود و معمولاً بین 10٪ تا 50٪ (وزنی) مخلوط آماده می باشد. سنگدانه های گرد گوشه و صاف، کارایی بهتری را بوجود می آورند.

ب) پر کردن حفرات از قبل

بجای افزودن مصالح سنگی درشت دانه به ملات مخلوط آماده می توان از روش دیگری نیز استفاده کرد. در این روش حفره با مصالح سنگی درشت تا یک ارتفاع مشخص پر شده و بر روی آن ملات ریخته می شود. این عمل در چند مرحله صورت می گیرد تا حفره پر شود.برای استفاده از این روش که در اجرای Epoxy Grout گروت سیمان اصلاح شده با پلیمر توصیه می شود.

ابتدا ملات مخلوط آماده را داخل حفره ریخته و پس از آن مصالح سنگی بر روی ملات ریخته شده و در نهایت نیز عمل اختلاط ملات و سنگدانه به انجام می رسد.عملیات فوق را باید مرحله به مرحله تا پر شدن حفره به انجام رساند.

کاربرد موارد مشابه

رزین اپوکسی دو جزیی

آنکر کردن افقی و روی تاجی

در مکانهایی که امکان گروت ریزی در جا برای آنکربلتها بعلت افقی بودن و یا واقع شدن بر روی تاج وجود ندارد، حفرات را طوری طراحی می کنند تا (Fastener) (حفره و یا سوراخ دریل شده و...) را توسط ملات مخلوط آماده گروت پر کرده، آنکر بلت را در وسط آن قرارداده و با فشار بداخل آن فرو می کنند. در این روش ملات مخلوط به گونه ای سخت خواهد بود که حفره دریل شده واقع بر روی تاج را با آن پر می کنند اما چیزی از این ملات بیرون نمی ریزند و همچنین به گونه ای نیز پلاستیکی است که می توان بلت را بدون اعمال فشار زیاد بداخل ملات فرو کرد.

پس این ملات باید دو خاصیت را دارا باشد :

1- در هنگام سکون سخت و در هنگام بهم خوردن روان شود (Thixotrop)

2- خاصیت مربوط کنندگی مطلوبی از خود بروز دهد و توان چسبندگی مناسبی را از خود نشان دهد و به بتن و فولاد بخوبی بچسبد.

چسباندن صفحه های فلزی کوچک

صفحه های کوچک فلزی را می توان بدون بروز هیچگونه مشکلی بر روی سطوح تاج و سطوح عمودی با مصرفگروت رزین اپوکسی متصل نمود.

تزریق در حفراتی که نمی توان آنها را گروت ریزی نمود .

در مکانهایی مانند مابین حایلها و تیر ریزیها که به مقاومت بالا و چسبندگی مطمین نیازمند می باشد (مثلاً زمانیکه تعمیرات سازه ای انجام می شود). در محلهایی که فضای کافی برای روان شدن ملات بین اجزاء سازه وجود، در چنین شرایطی می توان از تزریق ملات رزین اپوکسی دو جزیی برای پر کردن فضا و حفرات موجود با استفاده از دستگاه تزریق استفاده نمود. برای این منظور عملیات با پر کردن ته حفره آغاز می شود و در حین تزریق آرام و آرام دستگاه به بیرون کشیده می شود.

ملات رزین اپوکسی سه جزیی

ملات رزین اپوکسی که دارای فیلر سیلیسی است حاوی مواد زیر می باشد :

1- رزین اپوکسی 2- عمل آور هاردتر آرمین 3- مصالح سنگی با مقاومت بالا

برای آماده کردن ملات 3 جزیی باید 3 جزء را طبق راهنما با هم مخلوط کرد.

ملات اپوکسی 3 جزیی برای پر کردن حفرات فرموله ویژه با روش بسته – خشک است که از طریق ریختن و ضربه کوبی انجام می گردد.به این دلیل که مقدار مواد چسباننده با بخش بسیار زیادی از ماسه کوارتز افزایش می یابد (10 : 1) ملات ریخته شده دارای تخلخل زیادی می باشد. برای استفاده در فضای آزاد پیشنهاد می شود که سطحی که در مجاورت محیط می باشد توسط یک درزگیر و مسدود کننده اپوکسی پوشش داده می شود. (مخلوطی از بخشهای A و B)

ملات پلیمری آماده دو جزیی

ملات پلیمری سخت شونده بر پایه متیل متکریلیت شامل دو بخش می باشد :

1- بخش مایع منومر متیل متکریلیت

2- بخش پودری پراکسید

برای آماده سازی مخلوط برای مصرف دو جزء آنرا بخوبی مخلوط نموده و تکان داده و بر روی سطوح خشک اجرا می کنند. چنانچه حفرات بزرگ باشند می توان از مصالح سنگی تمیز و خشک 2-7 mm با نسبت وزنی 1 : 1 استفاده نمود. قابل ذکر است که ملاتهای پلیمری را در سطوح با حداکثر شیب 45 درجه می توان بکار برد.

از موارد کاربرد ملاتهای پلیمری می توان به محلهای زیر اشاره نمود:

- جاده های بتنی
- کف سازیهای صنعتی
- باند فرودگاهها
- محلهای پارک ماشین
- جای گذاری زیر پلها و غیره

تاریخچه ژئوممبرین، کاربرد ها و انواع آن

انواع ژئوممبران PVC

-ژئوممبران مضرس دار

-ژئوممبران ضد باکتری
-ژئوممبران با ژئوتکستایل لمینت شده
-ژئوممبران – PVC شکل T

مشخصات ژئوممبران(PVC)

1.مقاومت شیمیایی
2.جوش پذیری
3.انعطاف پذیری
4.انبساط و انقباض نسبی زیاد
5.مقاومت در برابر اشعه یUV

موارد کاربرد ورق ژئوممبران:PVC

1.مخازن آب و تصفیخانه ، حوضچه ها و استخر
2.پشت بام و بالکن
3.تونل های زیر زمینی
4.پارکینگ های اتومبیل زیر زمینی
5.مصرف زیر کاشی

مشخصات ژئوممبران: مضرس دار

ژئوممبران PVC مضرس دار (signal lair) ورقی است شامل یک لایه باریک و کمرنگ برای سهولت درتشخیص صدمات که به آسانی در صورت صدمه با دید بصری قابل تشخیص است.

ژئوممبرانT - Grip
-نگه دارنده بتن بر روی ورق ژئوممبران در شیب ها و دیوار ها
-در سیستم های فاضلاب
-دور ستون ها و لوله ها

مزایا

در صورت بکارگیری این عایق ها جهت پوشش و نفوذ ناپذیر کردن کانال بخشی از مزایای آن بشرح زیر می باشد:

1.سرعت اجرای زیاد و زودتر به بهره برداری رسیدن کانال
2.کاهش عملیات خاکی و افزایش سرعت آب و دبی کانال
3.حذف لایه فیلتر زهکش
4.حذف عملیات تعویض خاک
5.افزایش عمر مفید کانال به چندین برابر عمر کانال بتنی و عدم نیاز به ترمیم و نگهداری

الف- نتایج و بحث

هدف از اجرای پوشش، جلوگیری از تلفات آب، فرسایش خاک، کاهش هزینه های نگهداری کانال و جلوگیری از رشد علف های هرز می باشد. هزینه های اجرایی هر متر مربع پوشش بتنی و ژئوممبران - بتنی تقریبا با یکدیگر برابر می باشد بنابراین در شرایط مشابه مزیت استفاده از پوشش ژئوممبران جلوگیری از هدر رفتن آب و یا راندمان بالاتر انتقال می باشد. استفاده ازاین پوشش ها ضمن اینکه از اتلاف مایعات محلول های شیمیایی موجود درکانال ها جلوگیری بعمل می آورد بعلت برخورداری از تائیدیه های زیست محیطی از آلودگی منابع آب وخاک نیز جلوگیری بعمل می آورد از سوی دیگر استفاده از HDPE بعنوان جایگزین لاینینگ بتنی ویا رسی از تخریب کف و دیواره های کانال بعلت خورندگی خاک های بستر جلوگیری نموده و دوام ده ها ساله

بدون نیازبه تعمیرات و یا تعویض خاک را درخاک های نامناسب ازقبیل گچی، آهکی، سولفات و ۰۰۰ را تضمین می نماید. برای احداث کانال در حین مواجهه با خاک های نامناسب دو راه حل وجود دارد:

.1تعویض خاک منطقه و جایگزینی با خاک مناسب

.2استفاده از پوشش های ژئو ممبران – بتنی .شایان توجه می باشد در اجرای این پوشش در صورت رعایت ننمودن موارد زیر نتایج نامطلوب حاصل می شود.

.3عدم اجرای صحیح ژئو ممبران و پوشش بتنی

.4عدم استفاده از محصول مناسب

.5نشست خاک

.6عدم دقت در کارگذاری ژئو ممبران

.7عدم مهار صحیح ژئو ممبران

.8استفاده از بتن مگر در زیر پوشش ژئوممبران

مهمترین بخش در مورد لایه ژئو ممبرین مربوط به درز گیری ها و جوش دادن صفحات ژئوممبرین در محل می باشد. چرا که اگر نشتی در این مکان ها رخ دهد طرح کارایی خود را از دست داده و اهداف مورد نظر بر آورده نخواهد شد. روی هم رفته در طرح های اجرا شده با ژئوممبرین حدود ۱۵٪ صرفه جویی اقتصادی نسبت به طر ح های دیگر که از ژئو ممبرین استفاده نمی کنند می شود.

ژئوممبران ها

خصوصیات لازم یک ژئوممبران برای استفاده در دیوار آب بند به شرح زیر است:

-سختی بالا برای آسانی نصب

-مقاومت بالا در مقابل انواع مواد شیمیایی که شامل حلال های آلی نیز می باشد

-امکان نصب پروفیل های قفل و بست روی لبه صفحات ژئوممبران

-دوام مناسب در حالت مدفون

HDPEبرای اکثر موارد بالا انتخاب مناسبی است. این ماده سختی کافی ندارد تا بتوان آن را مثل صفحه فولادی مستقیما به داخل خاک راند ولی همانگونه که توضیح داده شده راه های زیادی برای نصب آن وجود دارد. وقتی که هزینه و در دسترس بودن آن نیز مد نظر قرار گیرد دیده می‌شود که در این نوع کاربرد انتخاب طبیعی می‌باشد. دلیل دیگر برای انتخاب HDPE قابلیت شکل یافتن آن توسط عملیات اکستروژن است. قفل و بست‌ها شکل های پیچیده ای دارند که توسط فرآیند اکستروژن ساخته می‌شوند و سپس به طول مورد نظر بریده شده و به پانل های ژئوممبران جوش امتزاجی داده می‌شوند.اکنون به عملکرد HDPE در حالت مدفون در دراز مدت پرداخته می‌شود. غیر از تنش که ممکن است منجر به ایجاد ترک در مواردی شود عوامل کمی می‌توانند عمر ژئوممبران HDPE را در حالت مدفون کوتاه کنند یکی از آنها قرار گرفتن د رمعرض مواد شیمیای است. تا کنون صدها آزمایش سازگاری طبق استاندارد EPA ۹۰۹۰بر روی HDPE با انواع مواد شیمیایی انجام گرفته است که در هیچ یک از این آزمایش‌ها تخریب مشاهده نشده است.در مورد هیدروکربنها با غلظت زیاد (هیدروکربن های کلرینه و آروماتیک نامطلوب ترین آنها هستند) کاهش مقاومت حد تسلیم کششی تا ۳۰٪ می‌تواند رخ دهد. این به خاطر روان شدگی فیزیکی است که HDPE را نرم می‌کند. البته این واکنش قابل برگشت است، یعنی زمانی که اجازه خروج به مواد شیمیایی داده شود، مقاومت اولیه باز می‌گردد.یکی از مهمترین خصوصیات دیوار های آب بند، نفوذناپذیری در مقابل مواد شیمیایی است. لازم است نفوذپذیری شیمیایی ژئوممبران از نفوذپذیری که معمولا در مهندسی ژئوتکنیک به آن اشاره می‌شود متمایز شود. در حالت خاک ها و سایر مواد متخلخل، انتقال آب (یا سایر مواد شیمیایی) از حفرات خاک، ترکها یا شکستگی ها رخ می‌دهد. در صورتی که در نفوذپذیری شیمیایی، ماده شیمیایی از یک غشا غیر متخلخل در سطح مولکولی عبور خواهد کرد. مولکول های می‌توانند به طریقی خود را از

بین زنجیر های پلیمری عبور دهند HDEP.یک ماده پلاستیک نیمه بلوری است که آن را در مقابل نفوذپذیری شیمیایی مقاوم می‌سازد. باید دانست که هیچ پلیمری نسبت به مواد شیمیایی کاملا عایق نیست همیشه مقداری تراوش رخ می‌دهد. سوال اساسی این است که آیا مقدار نفوذپذیری قابل قبول است یا خیر.عوامل زیادی در مقدار نفوذپذیری شیمیایی ژئوممبران تاثیر می‌گذارد. این عوامل شامل تمرکز شیمیایی، دما و ضخامت ورق است. نفوذپذیری دو مولفه عمده دارد که شامل نرخ انتشار (Diffusivity)و انحلال پذیری است. نرخ انتشار، نرخ انتقال یک ماده شیمیایی از یک مانع است. انحلال پذیری مقدار ماده شیمیایی که یک مانع می‌تواند نگهداری کند. بنابراین نفوذپذیری مربوط به مقدار حجم زاید یک پلمیر و سازگاری ماده شیمیایی با ژئوممبران است. در واقع، نفوذپذیری مرتبط با این است که چه مقدار ماده شیمیایی می‌تواند توسط غشا جذب شود و سرعتی که ماده شیمیایی از مانع عبور می‌کند. بنابرین غلظت، دما و ضخامت ژئوممبران بر مقدار نفوذپذیری تاثیر می‌گذارد.

نکات اجرایی در استفاده از ژئوممبرین ها

.1جهت استفاده از ژئوممبرین ها در سطوح شیبدار و یا قائم و جاهایی که امکان لغزش و جود دارد از نوعی ژئوممبرین استفاده می شود که بر روی سطح ان برجستگی هایی به شکل میخ و جود دارد این میخچه ها در آستر زیر فرو رفته و مانع از لغزش لایه ژئوممبرین می شود.

.2در هنگام نصب ژئوممبرین باید کاملا توجه داشت که از هر گونه خراش بر سطح آن جلوگیری شود خراش های سطحی به شکل قابل توجهی موجب کاهش مقاومت می شوند.

.3ژئوممبرین بصورت لوله ای و تخته ای ذر بازار عرضه می شود . گاهی برای سطوح وسیع مجبور به چسباندن چند لایه ژئوممبرین می باشیم. برای چسباندن ژئوممبرین در خارج از کارخانه ودر محل کارگاه معمولا از چسب های مخصوص استفاده می شود. گاهی نیز جهت چسباندن دو لایه ژئوممبرین از ماده حلالی که موجب حل شدن دو لایه مجاور در هم می شود استفاده می گردد.

ژئوممبران

ژئو ممبران ها اساسا ورقه های نازک و نفوذ ناپذیری هستند که از مواد لاستیکی یا پلاستیکی ساخته میشوند و عمدتا برای آستر کاری و پوشش تاسیسات ذخیره مایعات و گاز ها به کار می روند. ژئوممبرین ها دسته ای از خانواده ژئوسنتیتیک ها هستند که به شکل قابل ملاحظه ای نفوذ ناپذیرند . ماده اصلی تشکیل دهنده ژئوممبرین ها پلیمر های مصنوعی اند و مهمترین نقش آنها به عنوان ماده ای محافظ در برابر عبور سیالات می باشد. کاربرد وسیع ژئوممبرین ها وابسته به خواص فوق العاده آنها نسبت به وزنشان می باشد. از مشخصات بارز این عایق ها می توان به مقاومتهای کششی ، پارگی ، سوراخ شدگی بسیار بالای آنها اشاره نمود. درصد ازدیاد طول این عایق ها تا بیش از ۷ برابر طول اولیه آنها می باشد. همچنین نفوذ ناپذیری ، انعطاف پذیری توام با مقاومت بالا در برابر پاره شدگی و سوراخ شدگی و تغییرات بالای دمای اطراف ، مقاومت در برا برمواد شیمیایی ، سبک بودن و نصب سریع آنها است. ژئوممبران دارای طبیعت پلیمری هستند و به این دلیل در مقایسه با خاک های رسی و ژئو تکستایل ها نفوذ ناپذیر تر می باشند ، آزمایش های عبور خاک آب ، ضریب نفوذ پذیری آنها 2.7*10 - 15 m/s نشان داده است.

بعضی از کاربرد های ژئوممبراین در پرو ژه های عمرانی

ژئوممبران ها به‌عنوان یک عایق بسیار مقاوم و کم هزینه و دارای طول عمر زیاد، در بسیاری از صنایع کاربرد دارد. این عایق ها در کانال ها کاربرد های فراوانی دارند خصوصا در کانال هایی که از خاک های واگرا ، گچی ، تورمی ، رمبنده و ... عبور می نماید و یا با مشکل آببندی روبرو باشند ، استفاده از این عایق ها در مقابل lining بتنی می تواند بعنوان گزینه مناسبی مورد نظر قرارگیرد. انعطاف پذیری بالای این عایق ها ، اجرای آسان که پیشرفت نصب ان معادل ۵۰۰۰ m2 در روز ، عدم نیاز به نگهداری و تعمیرات در طول دوره کارکرد و نیز افزایش قابل توجه سرعت حرکت آب و دبی کانال بعلت تفاوت ضریب زبری بتن با HDPE و امکان استفاده از آنها به صورت روباز از جمله دلایل استقبال جهانی از آن در پروژه ها می باشد. که از آن جمله می توان به موارد زیر اشاره نمود:

-از جمله مهمترین کاربرد های ژئوممبراین کاربرد به عنوان آستر و محافظ می باشد که عمدتا در سطوح داخلی کانال ها ، مخازن و لوله های آبرسانی مورد استفاده قرار می گیرد. مقاومت بالای ژئوممبرین در برابر سایش مانع از سائیدنه شدن سطوح این تاسیسات می شود. همچنین می توان از تاثیرات منفی فاضلاب بر روی سطوح تاسیسات مربوطه با نصب لایه ژئوممبرین بر روی آنها جلوگیری نمود. جهت حفاظت سازه های بتنی ذر بربر حملات شیمیایی خورنده محیط اطراف نیز می توان از ژئوممبرین استفاده نمود -.جهت آب بندی جدار تونل ها همواره از ترکیبی از ژئوممبرین و ژئوتکستایل که در واقع تشکیل یک ژئوکمپوزیت را می دهند استفاده می گردد. در این کاربرد یک لایه از ژئو تکستایل را جهت زهکشی آب به سطح تونل می چسبانند و سپس بر روی آن یک لایه ژئوممبرین راجهت جلوگیری از نفوذ آب قرار می دهند و سپس نمای بنای نهایی را اجرا می کنند.

-جهت کنترل خاک هایی که بر اثر رطوبت که براثر رطوبت متورم می شوند از ژئوممبرین با قدرت نفوذ ناپذیری بالا استفاده می شود.

-در تاسیساتی که قدرت کنترل مطلوب آب را جهت جلوگیری از اتلاف آن را ندارند نیز از ژئوممبرین به عنوان لایه محافظ در برابر خروج آب استفاده می شود و به شکل قابل توجهی از هدر رفتن آب جلوگیری می شود.

-آب و فاضلاب: از ژئوممبران ها جهت ساخت لاگون ها، کانال های آبرسانی، حوضچه ها و استخر ها و دریاچه های مصنوعی استفاده می‌شود. با توجه به اینکه ژئوممبران در تماس با خاک هستند، برحسب لزوم امکان ترکیب آنها با ژئوتکستایل و یا ژئوگرید ها میسر است.

-ایزولاسیون سازه‌های زیرزمینی در برابر نفوذ آبهای سطحی و زیرزمینی: در این خصوص می‌توان به ایزوله دیوار های مترو های شهری و سازه های هیدرولیکی و غیره اشاره نمود.

-سایت دفن زباله شهری و صنعتی و خطرناک: با استفاده از ژئوممبران می توان مخازن کاملا ایزوله از محیط اطراف، جهت دفن زباله های شهری و صنعتی ایجاد نمود. ژئوممبران ها دارای انواع فراوانی، به لحاظ مقاومت در برابر مواد شیمیایی و مخرب هستند.

-سد سازی و پل سازی ،ساخت سیل بند ها و جلو گیری از فرسایش

-مقاوم سازی بستر رودخانه ها و زهکشی قائم و فیلتراسیون ،اجرای شیب های خاکی و دیوار های حائل

-تصفیه خانه ها و حوضچه های مصنوعی ، استخر ها و سازه های زیر زمینی

-دور لوله هایی که به دلایلی باید درون آب باشند و صد ها کاربرد دیگر درصنعت و کشاورزی و آبیاری و غیره دارد.

همچنین ازژئوممبران برای جداکننده بین موج شکن های کنار دریا ها ازساحل آن استفاده می شود (در بندر امام نیز به همین دلیل جلوگیری ازنفوذ آب دریا به جاده های کنار ساحل از ژئوممبران استفاده شده است) زیرا ژئوممبران ها مقاومت بسیار زیادی در برابر فشار و پارگی دارند بطوری که می توان درحین اجرای ژئوممبران، باوسایل سنگین ازجمله بولدوزر روی آن تردد نمود.

1. انعطاف پذیر و غیر قابل نفوذ در برابر آب
2. حفظ خاصیت نفوذ ناپذیری در تمام طول عمر
3. امکان افزایش طول تا ۷ برابر طول اولیه
4. مقاوم در برابر اشعه ماورای بنفش خورشید
5. گستره وسیع تحمل دمایی از ۴۰- تا ۷۰+ درجه سانتی گراد
6. عدم شرکت در واکنش های شیمیایی به علت دارا بودن آنتی اکسیدان
7. مقاوم در برابر انواع مواد شیمیایی نظیر اسیدها ،بازها و نمک ها
8. مقاوم در برابر عوامل محیطی و بیولوژیکی نظیر رویش نی ،علف هرز ،جانوران جونده ،باکتری ها و جلبک ها

*یک سوم هزینه بتن

*یک سوم زمان ساخت نسبت به بتن

*نصب هر هزار متر در ۴۸ ساعت

*ده سال گارانتی
*احداث استخر های ذخیره آب جهت کشاورزی
*پوشش کانال ها و نهر های آبیاری و آبرسانی
*مخازن دفع زبالهای شهری ،صنعتی و بیمارستانی
*پوشش حوضچه های تصفیه آب و فاضلاب شهری و صنعتی
*پوشش لوله و تونل های بتنی
*ایزولاسیون منابع زیر زمینی و غیره

ارزیابی میزان آسیب دیدگی بتن

مرحله‌ی بعد در پروسه‌ی ترمیم بتن، ارزیابی میزان آسیب دیدگی و شدت تخریب است. هدف از این مرحله، فهمیدن میزان آسیب دیدگی بتن و تاثیر آن بر روی سازه می‌باشد. به عبارت دیگر این که چه قسمت‌هایی از سازه تحت تاثیر این آسیب دیدگی خواهد بود. این مرحله شامل پیش‌بینی پیش‌رفت تخریب و تعیین نحوه‌ی آن نیز می‌باشدشکل آسیب دیدگی بتن توسط چرخه‌ی انجماد آب (انجماد و مایع شدن مکرر)، در معرض سولفات قرار گرفتن و واکنش‌های قلیایی سنگدانه‌ها شبیه هم هستند. تخریب واکنش قلیایی سنگدانه‌ها و سولفات‌ها بسیار بیشتر از چرخه‌ی انجماد به بتن خسارت می‌زند؛ اگر چه هر سه دلیل بالا می‌تواند باعث گسیختگی بتن و از دست رفتن ویژگی‌های اصلی سازه شود. تفاوت میان انواع مختلف تخریب این است که انجماد و مایع شدن، بیشتر در قسمت‌هایی از بتن رخ می‌دهد که بیش از ۹۰ درصد از آن اشباع شده باشد، بنابراین بیشتر در سطوح خارجی بتن رخ می‌دهد. از طرف دیگر واکنش قلیایی سنگدانه‌ها و سولفات‌ها، هم در داخل و هم در خارج بتن می‌تواند رخ دهد؛ یعنی تمامی نواحی بتن را می‌تواند تحت تاثیر قرار دهد.یکی از راه‌های آسان و معمول برای تخمین میزان آسیب دیدگی بتن، ضربه زدن با چکش به بتن آسیب دیده و بتن سالم و گوش دادن به صدای آن است. (تصویر پایین) اگر این کار توسط افراد مجرب انجام شود، با همین تکنیک ساده هم می‌توان در بیشتر موارد به میزان آسیب دیدگی بتن پی برد. با کوبیده شدن چکش بر روی بتن، بتنی که سالم باشد صدایی متمایز می‌دهد و نیروی وارده به آن نیز به صورت کامل به چکش بازمی‌گردد. در صورتی که در بتن آسیب دیده، صدای پوکی به گوش می‌رسد و نیرو به صورت کامل به چکش برگردانده نمی‌شود.

چندین آزمایش غیر مخرب (NDT) برای تعیین میزان آسیب دیدگی بتن وجود دارد که آزمایش اشمیت (آزمایشی که در پاراگراف قبلی بیان شد) احتمالاً ارزان‌ترین و آسان‌ترینِ آن‌هاست. آزمایش اشمیت اطلاعاتی سودمند به ما می‌دهد که کمک می‌کند قسمت‌های مختلف یک بتن در سازه را با هم مقایسه کنیم. با این حال، در مورد بتن‌های قدیمی‌تر، خیلی نباید بر روی این آزمایش حساب کرد. این آزمایش بیشتر روی بتن‌های جدید جواب می‌دهد؛ بتن‌هایی که تحت تاثیر هوازدگی نبوده‌اند

دستگاه‌های سرعت‌سنج اولتراسونیک و آکوستیک پالس اکو، زمان رفت و یا رفت و برگشت موج صوت را اندازه‌گیری می‌کنند. بتن بی‌کیفیت یا آسیب دیده به وسیله‌ی این اطلاعات مشخص می‌شود. دستگاه آکوستیک می‌تواند امواج تولید شده توسط مواد هنگامی تحت تنش یا کرنش بیش از حد قرار گرفته‌اند را تشخیص دهد. به عبارت دیگر این دستگاه می‌تواند صدای ترک‌های کوچک به وجود آمده در بتن بر اثر تنش را بشنود. یکی از مزایای استفاده از این تکنولوژی، افزایش سرعت عمل است.

با این حال، این آزمایش به تنهایی کافی نیست و لازم است اطلاعات جمع‌آوری شده از بتن در آزمایش‌های مختلف با هم ترکیب شوند تا بتوان به نتیجه‌ی دلخواه رسید.

قسمت‌هایی از بتن که آسیب‌دیده تشخیص داده شدند، باید علامت‌گذاری شوند تا آماده‌سازی برای ترمیم آن‌ها به نحو احسن صورت گیرد.

بتن ریزی ، تحکیم ، پرداخت کاری ، و عمل آوری بتن میکروسیلیسی

بتن ریزی و تحکیم بتن میکروسیلیسی در اصل شبیه بتن بدون میکروسیلیس است. معمولاً پرداخت کاری بتن میکروسیلیسی در عرشه ی پل ها و سایر کف سازی ها بدون دوره انتظار موجود در روش های پرداخت کاری سنتی است. برای محافظت بتن از

خشک شدن بلافاصله باید عمل آوری را انجام داد.این بخش از مقاله کلینیک بتن ایران بتن میکروسیلیسی از دید پیمانکاری که باید با آن کار کند ، می پردازد. عملیاتی که پیمانکار باید انجام دهد ، شاملبتن ریزی ، تحکیم ، پرداخت کاری و عمل آوری است. این بخش با خشک شدن بتن و چه حاوی میکروسیلیس باشد یا خیر شروع می شود.هدف از توصیه های ارائه شده در این بخش ، رسیدن به خواص بتن سخت شده ای است که کارفرما یا طراح به خاطر آنها بتن میکروسیلیسی را برای یک سازه مشخص می کنند. با پیروی از روش های ارائه شده در این بخش می توان به این هدف دست یافت.

ملاحظات کلی

در اغلب جنبه ها ، کار با بتن میکروسیلیسی تفاوتی با بتن بدون میکروسیلیس ندارد. تنها مورد استثنای قابل توجه در این خصوص پرداخت کاری بتن است. به هر حال ، اگر فرآیند پرداخت کاری مطاق روش ارائه شده در این مقاله انجام شود ، تفاوت های مربوط به بتن میکروسیلیسی می تواند به مزایایی برای پیمانکار تبدیل شود. در این بخش به موارد کلی زیر پرداخته می شود

هماهنگی

هماهنگی مناسب بین پیمانکار و تامین کننده بتن یک معیار حیاتی است. تغییرات نسبتاً جزئی در خواص بتن تازه می توانند تفاوت های قابل توجهی را در تلاش لازم برای بتن ریزی و پرداخت کاری ایجاد کنند. برخی از موارد اصلی عبارت اند از:

اسلامپ، شماره ۱. با یک محاسبه سرانگشتی می توان اسلامپی که حدود ۴۰ تا 50mm بیشتر از اسلامپ بتن بدون میکروسیلیس مصرفی برای بتن ریزی مشابه است ، را برای شروع کار انتخاب کرد. این افزایش اسلامپ چسبندگی بیشتر بتن میکروسیلیسی را فراهم می کند. در این خصوص نگران جداشدگی نباشید. تنها افزایش های بسیار زیاد اسلامپ سبب جداشدگی در بتن میکروسیلیسی می شوند.اسلامپ، شماره ۲. معمولاً ، بهترین روش برایبتن ریزی ، ریختن بتن با بالاترین میزان اسلامپی است که با شرایط واقعی پروژه مطابق باشد. هر چه میزان اسلامپ بالاتر باشد ، عملیات شمشه کشی و ماله کشی بتن راحت تر خواهد بود. معمولاً یک عامل محدود کننده برای بتن ریزی عرشه ی پل یا کف سازی وجود هرگونه شیب در محل بتن ریزی است. بتن باید با بالاترین میزان اسلامپی ریخته شود که آن را در شیب نگه می دارد .چسبندگی. پرداخت کارها به کرات گزارش داده اند که بتن میکروسیلیسی «چسبنده» است و کار کردن با آن مشکل می باشد. تجربه نشان داده است که چسبندگی می تواند ناشی از اندرکنش میکروسیلیس و مواد افزودنی شیمیایی (کاهنده های آب و فوق روان کننده) در بتن باشد. یک روش این است که ماده ی افزودنی را با ماده دیگری که دارای ترکیب شیمیایی متفاوتی است ، عوض کنید. روش دیگر ، حذف یک سوم فوق روان کننده و اضافه کردن یک کاهنده ی آب با محدوده ی متوسط به همان اندازه است. از ترکیب مواد افزودنی مختلف برای به دست آوردن بهترین بتن ممکن برای پروژه هراسی نداشته باشید. دانه بندی مصالح سنگی ریزدانه نیز می تواند ملاحظه دیگری از چسبندگی باشد. با تغییر نسبت مصالح سنگی ریزدانه به درشت دانه در راستای افزایش مصالح سنگی درشت دانه می توان چسبندگی را کاهش داد. در برخی از موارد ، تغییر منبع مصالح سنگی ریزدانه می تواند به کهش چسبندگی کمک کند .

ملاحظاتبتن ریزی

دو مورد را باید قبل از بتن ریزی بتن میکروسیلیسی در نظر داشت. این دو مورد عبارت از جلسه پیش بتن ریزی و بتن ریزی آزمایشی هستند .جلسه پیش بتن ریزی. اگر چه برگزاری جلسه پیش بتن ریزی برای هر کار بتنی مهم است ، اما اهمیت این جلسه برای بتن میکروسیلیسی بیشتر است. این جلسه فرصتی برای پیمانکار است که تمام افراد متوجه شوند که چه کارهایی قرار است ، انجام شود. همچنین این جلسه زمانی است که پیمانکار پرسش های خود در مورد انتظارات کارفرما و طراح را بپرسد. در بیشتر مواقع ، جلسه پیش بتن ریزی همراه با بتن ریزی آزمایشی برگزار می شود.مسئله اساسی که باید در جلسه پیش بتن ریزی مطرح شود ، نرخ تحویل بتن است. یک مسئله متداول رسیدن مقدار بسیار زیادی بتن به کارگاه و برگشت دادن کامیون های حامل بتن است. این مسئله به خصوص در مورد روکش کردن عرشه ی پل یا یاخت رویه های بتنی میکروسیلیسی روی عضوهای پیش ساخته صادق است. در این نوع بتن ریزی ها ، حجم کوچکی از بتن سطح بزرگی را پوشش می دهد.

بتن ریزی آزمایشی. در اغلب موارد ، انجام بتن ریزی آزمایشی قبل از شروع عملیات بتنی در پروژه الزامی است. این آزمایش فرصتی را فراهم می آورد تا ایرادهای سیستم بتن ریزی مشخص شده و برطرف شوند. نماینده هر یک از گروه های کاری باید در این آزمایش حضور داشته باشند : کارفرما ، طراح ، تامین کننده بتن ، تامین کننده مصالح ، و البته پیمانکار. در صورتی که نتیجه بتن ریزی آزمایشی مطلوب باشد ، مرحله بعدی بتن ریزی اصلی در سازه است. برخی از مسائلی که باید طی بتن ریزی ازمایشی مطرح شوند ، عبارت اند از:

مخلوط بتنی. این زمان اولین فرصت برای پیمانکار مسئول پرداخت کاری است که مخلوط بتنی را ببیند و مشخصات آن را ارزیابی کند. همچنین بتن ریزی آزمایشی زمان خوبی برای تعیین اصلاح هایی است که باید بسته به شرایط آب و هوایی و بتن ریزی انجام شوند. به عنوان مثال ، ممکن است اضافه کردن کندگیر کننده یا تسریع کننده غیر کلریدی بسته به شرایط مناسب باشد.روش پرداخت کاری. این زمان فرصت مناسبی برای امتحان روش ها و ابزارهای مختلف پرداخت کاری است. بهترین ابزار و درجه پرداخت کاری لازم را تعیین کنید پرداخت مورد قبول. در این مرحله ، کارفرما ماهیت دقیق پرداخت مورد قبول کار بتنی خود را عریف می کند.بتن ریزی آزمایشی را بدون بحث کردن در این مورد به پایان نرسانید!

محافظت از بتن. مطلوب است که بخشی از این آزمایش را به خشک شدن بتن بدون محافظ اختصاص داده و سرعت و پیامدهای خشک شدن بتن را مشاهده کنید. همچنین ، این مرحله فرصتی برای تعیین دورنمایی از نحوه محافظت از بتن است.

قالب گیری بتن میکروسیلیسی

در مورد عضوهای بتنی که ریخته شده اما پرداخت کاری نمی شوند ، مانند ستون ها و دیوارها ، تفاوتی بین روش های معمول و روش های ویژه برای بتن میکروسیلیسی وجود ندارد. در این موارد بتن مطابق شرایط طراحی و اجرایی ریخته ، تحکیم و محافظت می شود. اسلامپ بالاتر به رسیدن بتن به مقاطع انبوه با تعداد زیاد آرماتور کمک می کند. با این وجود ، ویبره و خارج کردن هوای اضافی از بتن با اسلامپ بالا نیز الزامی است. هنگام مصرف بتن میکروسیلیسی با فوق روان کننده ، فشارهای وارد از بتن سیال به قالب را فراموش نکنید!

خشک شدن بتن

مطالب زیادی در مورد تمایل بتن میکروسیلیسی به خشک شدن طی بتن ریزی و پرداخت کاری نوشته شده است. این بخش آنچه در عمل اتفاق می افتد و نحوه تصحیح عملیات طبق مشخصات بتن را شرح می دهد. توجه کنید که توضیح ها و توصیه های این بخش در مورد بتن میکروسیلیسی و بتن معمولی کاربرد دارند.

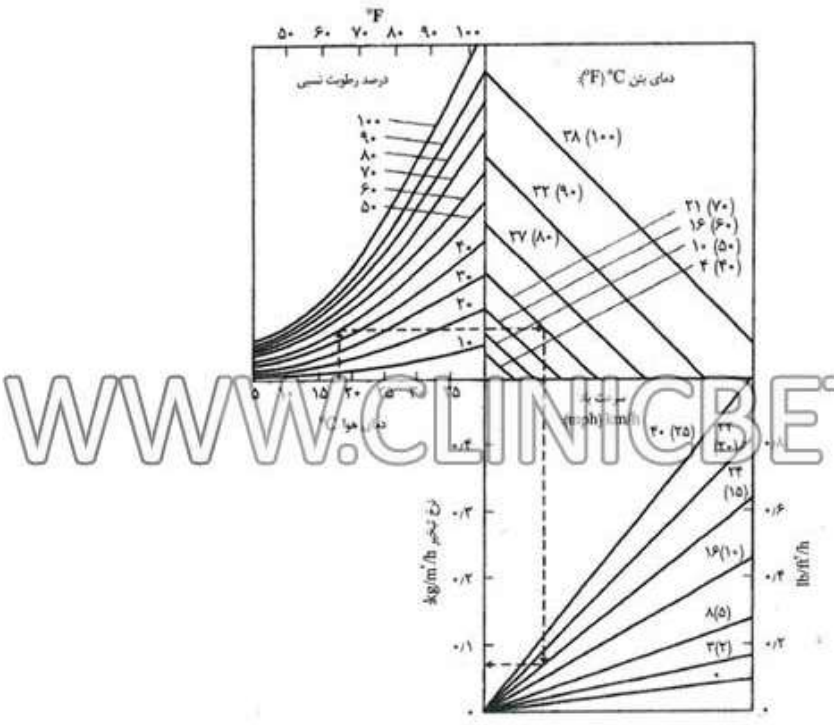
آب انداختگی

از آنجا که میکروسیلیس به دلیل سطح جانبی بسیار بالای خود تمایل به جذب آب دارد و معمولاً مقدار آب بتن های میکروسیلیسی بسیار کم است ، میزان آب حاصل از آب انداختگی این بتن در صورت وجود ، بسیار کم است. مادامی که مقدار میکروسیلیس افزایش می یابد یا مقدار آب کاهش می یابد ، آب انداختگی بتن کاهش یافته یا حذف می شود. از جنبه مثبت ، عدم آب انداختگی بدین معنی است که پرداخت کاری را می توان زودتر شروع کرده و سریع تر تمام کرد. علاوه بر این ، آب حاصل از آب انداختگی زیر ذرات مصالح سنگی و آرماتورهای افقی جمع نمی شود. در این صورت ، مجرایی برای ورود کلریدها یا سایر مواد ناخوانده به درون بتن وجود نخواهد داشت. از جنبه منفی ، عدم آب انداختگی بدین معنی است که کف بتنی میکروسیلیسی تحت شرایط محیطی مناسب از سطح به سمت پایین خشک خواهد شد. این نوع خشک شدن پرداخت کاری سطح بتن را مشکل تر می سازد. همچنین خشک شدن می تواند منجر به پیوسته شدن پلاستیک و حتی ترک خوردگی ناشی از جمع شدگی پلاستیک شود.

خشک شدن سطحی

این بخش ابتدا نگاهی به شرایط محیطی می اندازد که منجر به خشک شدن سطح بتن می شود. چهار عامل بررسی خواهند شد : دمای هوا ، رطوبت نسبی ، دمای سطح بتن و سرعت باد. سال ها پیش ، نموداری برای تخمین میزان اندکنش این عوامل در خشک شدن بتن رسم شد. این نمودار در شکل ۱.۸ نشان داده شده است. با وارد کردن مقادیر مناسب در این نمودار ، تخمینی از

افت رطوبت برحسب کیلوگرم آب بر مترمربع بر ساعت به دست می آید. کمیته ی ACI به طور قراردادی پذیرفته است که اگر میزان افت رطوبت کمتر از kg/m2/hr0/1 باشد ، آنگاه مشکلی پیش نخواهد آمد. از آنجا که این مقادیر برای بتن بدون میکروسیلیس تعیین شده اند ، توصیه می شود برای بتن میکروسیلیسی نصف این مقدار ، یعنیkg/m2/hr5/0 ، را به کار ببرید. بسیاری از طراحان برای نوشتن مشخصات فنی بتن میکروسیلیسی از این نمودار استفاده می کنند. اگر نرخ تخمینی افت رطوبت بیش از مقدار مشخص شده باشد ، این مشخصات فنی محافظت هایی را برای جلوگیری از خشک شدن سطح بتن الزامی می دانند.به هر حال ، پیدا کردن روشی برای تخمین دقیق میزان تبخیر حایز اهمیت است. جدول ۱.۸ توصیه های مربوط به اندازه گیری واقعی پارامترهای درگیر را ارائه می دهد. معمولاً ، استفاده از این مقدار به جای استفاده از داده های به دست آمده از سازمان هواشاسی محلی توصیه نمی شود. داده های گرفته شده از سازمان هواشناسی محلی وی نمودار رسم شده و آنگاه تصمیم گیری می شود که آیا بتن ریزی باید انجام شود یا خیر ، آیا محافظت از بتن الزامی است یا خیر. با این روش تمام طرفین پروژه متقاعد خواهند شد ، زیرا در این روش ملزومات مشخصات فنی برآورده می شود. اما ملزومات واقعی که مانع از خشک شدن بتن می شوند ، را نمی توان برآورده ساخت ، و این مسئله ای است که پیمانکار را در مورد پوسته شدگی و ترک خوردگی ناشی از جمع شدگی پلاستیک به درد سر می اندازد.



نمودار تخمین رطوبت ACI . منبع: راهنمای عمل‌آوری بتن ACI 308R .

WWW.CLINICBETON.IR

جدول ۱.۸

محل اندازه گیری داده های ورودی نمودار تبخیر
دمای هوا : ۱/۲ تا m8/1 بالای سطح بتن ، در سایه
دمای آب : برابر دمای بتن
رطوبت نسبی : ۱/۲ تا m8/1 بالای سطح بتن ، در سایه ، به سمت باد
سرعت باد m5/0 : بالای سطح بتن

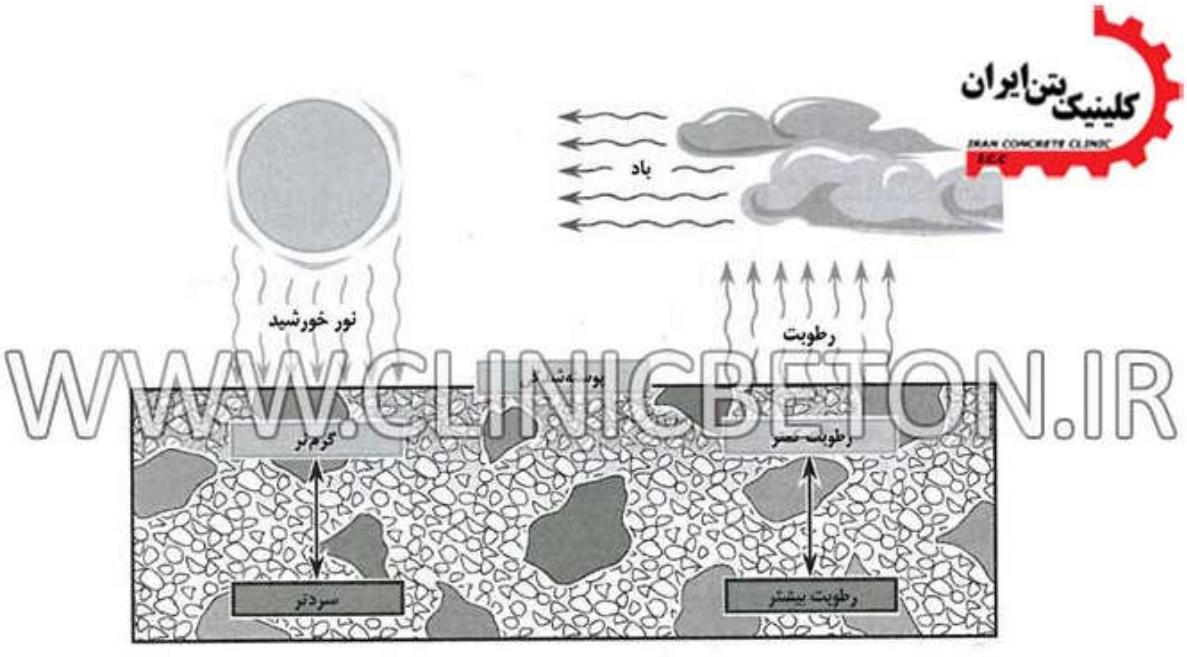
بهترین روش استفاده از نمودار با قضاوت مهندسی است. ابتدا داده های مورد نیاز را از سازمان هوا شناسی محلی گرفته و سپس با استفاده از نمودار میزان تبخیر را تخمین بزنید. اما کاملاً به تخمین به دست آمده از این نمودار اعتماد نکنید ، به خصوص اگر مقدار تخمین زده شده به مقدار حدی ۰/۵ یا kg/m2/hr0/1 نزدیک باشد. قضاوت مهندسی داشته باشید و به دنبال موارد منحصر به فرد محل پروژه واقعی باشید. آیا بتن ریزی زیر نور مستقیم خورشید انجام می شود ؟ آیا سرعت باد زیاد می شود ؟ آیا رطوبت به حدی بالاست که کار را برای کارگران مشکل می سازد ؟ به خاطر داشته باشید که مشکلات کاری کارگران مستقل از دما و رطوبت است و کمتر احتمال دارد که بتن خشک شود. فراموش نکنید که بهترین روش هنگام تصمیم گیری در مورد حفاظت بتن در مقابل خشک شدن ، خطا کردن در یک حاشیه ی امن است.

یک دیدگاه مناسب دیگر نیز در مورد خشک شدن بتن وجود دارد. مادامی که در تابستان هوا گرم ترمی شود ، بسیاری از پیمانکاران یا تامین کنندگان بتن برای افزایش ساعت کاری بتن به آن یک کاهنده آب اضافه می کنند. این روش تحت شرایط مناسب می تواند روش دستی باشد. اما معمولاً مصرف کننده آب در مورد کف سازی بتنی روش درستی نیست. کاهنده ی آن سرعت واکنش های هیدراسیون اولیه که بتن را برای مدت طولانی تری تحت شرایط خشک شدن قرار می دهد ، را کاهش می دهد. در بعضی از موارد ممکن است ، مصرف کاهنده آب وضعیت را به جای بهبود دادن ، بهتر کند.

نتایج خشک شدن

خشک شدن با دو پیامد توام است : پوسته شدگی پلاستیک و ترک خوردگی ناشی از جمع شدگی.پوسته شدگی پلاستیک.

پرداخت کاران بتن به کرات می گویند : روند گیرش بتن از بالا به پایین است. اگر روز آفتابی و دمای سطح بالا باشد ، سطح بتن سریع تر از بتن زیرین می گیرد. یا اگر بتن دچار آب انداختگی نشود ، یا میزان آب انداختگی آن کم باشد ، یا اگر شرایط محیطی برای خشک شدن مساعد باشد ، سطح بتن سریعاً خشک می شود. در هر یک از این دو حالت ، مطابق شکل ۲.۸ پوسته شدگی در سطح بتن ایجاد می شود. زمان شروع ماله کشی و لیسه کشی ، زمانی است که پرداخت کار با لمس یا راه رفتن روی بتن متوجه شود که بتن گیرش یافته است. اما ، در واقع تنها سطح بتن سفت تر شده و ممکن است ، مرز بتن همچنان بسیار نرم باشد. معمولاً ، پرداخت کاری تحت این شرایط منجر به سطح پر موجی می شود که مطابق هیچ یک از ملزومات ترازی و صافی نیست.



پوسته‌شدگی سطح بتن. تحت این شرایط ممکن است، پوسته‌شدگی به ترک‌خوردگی پلاستیک منجر شود.

وقتی سطح شرو به خشک شدن می کند ،برگردان آن به وضعیت اول بسیار مشکل است. هر اقدامی را باید پیش از آنکه دیر شود ، انجام داد. در این موارد از آب یا مواد پرداخت کاری کمک می گیرند که ممکن است ، منجر به کاهش دوام سطح بتن نسبت به دوام مورد نظر شود.ترک خوردگی ناشی از جمع شدگی پلاستیک. در برخی از شرایط ، ترک خوردگی ناشی جمع شدگی به جای پوسته شدگی سطحی نمایان می شود. معمولاً ، جهت گیری این ترک ها تصادفی است و به گوشه های دال نمی رسد. همچنین ، این ترک ها معمولاً عمق زیادی ندارند. شکل **۳.۸** ترک های ناشی از جمع شدگی پلاستیک در بتن میکروسیلیسی را نشان می دهد. دلیل واقعی اسن امر که چار در برخی از بتن ریزی ها ترک خوردگی و در برخی دیگر پوسته شدگی ایجاد می شود ، روشن نیست.در چه مواقعی خشک شدن منجر به پوسته شدگی پلاستیک یا ترک خوردگی ناشی از جمع شدگی پلاستیک می شود ؟ روش متداول پرداخت کاری در جدول **۲.۸** ارائه شده است. زمانی که بیشترین احتمال برای خشک شدن بتن و ایجاد مشکل وجود دارد ، طی دوره انتظار اولیه بین مرحله ی اول ماله کشی ابتدایی و شرع ماله کشی و لیسه کشی اصلی است. این دوره زمانی معمولاً همان چند ساعتی است که برای شروع سخت شدن بتن صبر می کنند.

WWW.CLINICBETON.IR

شکل ۳.۸ ترک‌های جمع‌شدگی پلاستیک در بتن میکروسیلیسی.

جدول ۲.۸

مراحل پرداخت کاری کف سازی بتنی
بتن ریزی ، شمشه کشی ، ماله کشی
انتظار ، خطر !
ماله کشی ، لیسه کشی
انتظار ، خطر کمتر !
عمل آوری

دوره های انتظار ، دوره های زمانی هستند که بتن میکروسیلیسی باید در برابر خشک شدن محافظت شود. با استفاده از روش پرداخت کاری یک مرحله ای می توان دوره های انتظار را حذف کرده یا به حداقل رساند .

مدت زمان واقعی بسته به نوع بتن ریزی ، نسبت بندی مخلوط ، مقدار سیمان و میکروسیلیس ، درصد سایر پوزولان ها ، دمای بتن و مصرف مواد افزودنی تسریع کننده یا کندگیر کننده متغیر است. زمان انتظار برای عرشه ی پل ممکن است ، به مراتب کمتر از سایر انواع کف سازی ها باشد. اگر تخمین های افت رطوبت نگران کننده باشند ، طی مدت زمان اولیه باید اقداماتی برای حفاظت بتن از خشک شدن انجام شود.دوره زمانی دوم که طی آن احتمال آسیب وجود دارد ، بین پرداخت کاری نهایی و شروع

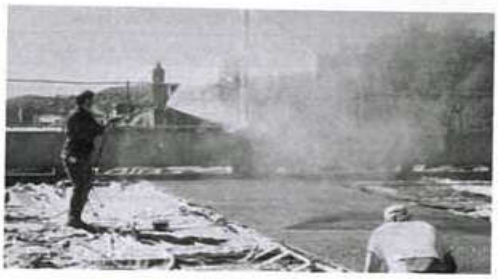
عمل آوری است. معمولاً بتن طی این مدت زمان مقاومت کافی را برای پایداری در برابر ترک خوردگی پلاستیک کسب می کند ، اما خشک شدن طولانی مدت پس از پرداخت کاری منجر به ایجاد سطحی بادوام کمتر می شود.

جدول ۳.۸

روش های جلوگیری از پوسته شدگی پلاستیک و ترک خوردگی ناشی از جمع شدگی پلاستیک
پرداخت کاری یک مرحله ای
الیاف مصنوعی
خنک کردن بتن
مرطوب کردن خاک بستر
نصب بادکش
نصب سایه
کندکننده تبخیر
استفاده از مه پاشی
کار در شب
پوشاندن بتن با پلاستیک بین عملیات پرداخت کاری

محافظت در برابر خشک شدن

جدول ۳.۸ برخی از روش های توصیه شده معمول برای محافظت بتن در برابر خشک شدن را ارائه می دهد. متداول ترین این روش ها برای متن میکروسیلی عبارت از مه پاشی ، استفاده از کندکننده تبخیر و استفاده از روش پرداخت کاری یک مرحله ای است. هر یک از این روش ها در زیر شرح داده شده اند.مه پاشی. هدف از مه پاشی حفظ رطوبتت بالا روی سطح بتن طی مدت زمان بین بتن ریزی تا عمل آوری است. اگر شرایط محیطی سبب نگرانی از خشک شدن شود ، مه پاشی باید بلافاصله پس از بتن ریزی یا پس از ماله کشی شروع شود. بسته به نو بتن ریزی و درجه پرداخت کاری مورد نیاز ممکن است ، مه پاشی بین مرحله های پرداخت کاری الزامی باشد.



شکل ۴.۸ الف مه‌پاشی مناسب بتن میکروسیلیسی در سازه پارکینگ برای افزایش رطوبت و جلوگیری از خشک‌شدن سطح بتن.

WWW.CLINICBETON.IR

شکل ۴.۸ ب تجهیزات مه‌پاشی بسته‌شده روی ماشین ساخت روسازی. توجه کنید که نازل‌های مه‌پاشی رو به بالا هستند، به‌گونه‌ای که رطوبت به سطح بتن اضافه نمی‌شود.

بهترین روش مه پاشی استفاده از نازلی است که هوای فشرده را با مقدار بسیار کم آب ترکیب می کند. شکل یک ابزار مه پاشی دستی مورد استفاده در سازه پارکینگ و یک سیتم مه پاشی بسته شده روی یک ماشین پرداخت کاری عرشه ی پل را نشان می دهد. این تجهزیات را می توان خریداری کرده یا آنها را در کارگاه ساخت. این مه سازها شبیه مه سازهایی هستند که در مغازه ها برای شستشو به کار می روند. اساس کار آنها پاشیدن اب به صورت ذرات بسیار ریز مه است.بازرسان بارها نگرانی های خود را در خصوص آسیب هایی که مه پاشی می تواند به سطح بتن وارد کند ، ابراز کرده اند. مه پاشی نیز مانند سایر روش های ساخت و ساز ممکن است ، به درستی انجام نشود و در این صورت به سطح بتن آسیب می رساند. به خاطر داشته باشید که هدف از مه پاشی افزایش رطوبت سطح و نه آب پاشی روی سطح بتن است. اما اگر شرایط محیطی به گونه ای باشد که احتمال خشک شدن سریع وجود داشته باشد ، می توان مقدار کمی آب که انتظار می رود سریعاً تبخیر شود ، روی سطح بتن پاشید. مانند هر عملیات بتن ریزی دیگر ، پرداخت کاری را هنگام وجود آب حاصل از اب انداختگی یا مه پاشی انجام ندهید .کند کننده های تبخیر. این احتمال وجود دارد که این مواد از جمله مهم ترین موادی باشند که به درستی در پرداخت کاری بتن مصرف نمی شوند. سال های متمادی ، این مواد توسط سازندگان ساخته شده و به عنوان کند کننده تبخیر و کمک کننده به پرداخت کاری فروخته می شد. مصرف بسیار بالای این مواد در سطوح بتنی و پرداخت کاری سطح با این مواد ممکن است ، سبب آسیب رساندن به سطح بتن شود.

WWW.CLINICBETON.IR

شکل ۵.۸ به کارگیری کندکننده تبخیر روی بتن میکروسیلیسی برای جلوگیری از افت رطوبت قبل از شروع عمل‌آوری.

چگونه باید کند کننده های تبخریر را به کار برد ؟ شکل ۵.۸ به کارگیری یک کند کننده تبخیر را نشان می دهد. این مواد یک لایه بسیار نازک را روی سطح بتن ایجاد می کنند. ضخامت این لایه در حد یک مولوکول است و به این دلیل آن را مونومولکولی می نامند. این لایه نازک رطوبت بتن را حتی تحت شرایط سخت خشک شدن نیز حفظ می کند. کند کننده تبخیر را پس از تکمیل ماله کشی اولیه به کار ببرید و تا شروع ماله کشی نهایی به آن دست نزنید. کشیدن هر نوع ابزار پردخت کاری پس از مصرف کند کننده تبخیر ، این لایه نازک را پاره می کند و رطوبت برای مدت زمان زیادی حفظ نمی شود.این مواد به دلیل ماهیت فعال اجزای تشکیل دهنده آن تمایل به صیقلی کردن سطح دارند و کار کردن روی سطح بتن را بسیار راحت می کنند. فراموش نکنید که بیش از ۹۰ درصد این مواد از آب است. نهایتاً مصرف زیاد این مواد روی سطح منجر به بتنی بادوام کم می شود .پرداخت کاری یک مرحله ای. روش نهایی برای جلوگیری از مشکلات ناشی از بتن میکروسیلیسی استفاده از روش پرداخت کاری یک مرحله ای است. این روش از مزیت عدم آب انداختگی و حذف دوره انتظار بت ریزی و پرداخت کاری بهره می برد. پرداخت کاری یک مرحله در بخش ۵.۸ شرح داده خواهد شد.

بتن ریزی و تحکیم

بتن میکروسیلیسی را می توان به طور موفقیت آمیزی با همان ابزار بتن ریزی معمولی بت ریزی کرد. این کار شامل تخلیه مستقیم بتن از کامیون مخلوط کن ، جرثقیل و ظرف ، لوله ی ترمی در زیر آب و پمپ کردن است. ماهیت کاربردهایی که در آنها تمایل به مصرف بتن میکروسیلیسی می باشد ، عمدتاً به گونه ای است که بتن باید با پمپ ریخته شود. علاوه بر این ، تفاوت چندانی بین

بتن ریزی و تحکیم بتن میکروسیلیسی و بتن بدون میکروسیلیس وجود ندارد.همانگونه که قبلاً در بخش قبل اشاره شد ، هر چه اسلامپ بتن بلاتر باشد ، کار کردن با آن راحت تر است. اسلامپ بتن میکرسیلیسی را براساس شرایط پروژه انتخاب کنید و توصیه های اختیاری که برای بتن بدون میکروسیلیس و فوق روان کننده پیشنهاد می شوند ، را در انتخاب اسلامپ به کار نبرید.

از آنجا که مقدار زیادی بتن میکروسیلیسی با پمپ ریخته می شود ، معمولاً نگرانی هایی در مورد افت حباب هوا وجود دارد. بتن میکروسیلیسی در شرایط یکسان نه بیشتر و نه کمتر از بتن بدون میکروسیلیس مستعد افت حباب هواست. افت حباب هوای ۱ تا ۲ درصد در یک روش درست پمپ کردن قابل انتظار است. اگر میزان افت هوا بیش از این بود ، روش پمپ و آرایش بازوی پمپ را قبل از عیب یابی مخلوط کن بررسی کنید. اگر همچنان مقدار افت حباب هوا بالا بود ، این مشکل را با افزایش حباب هوای بتن رفع نمایید. اگر آرایش بازو در یک روز نسبت به روز دیگر تغییر کند ، ممکن است میزان افت حباب هوا نیز در این روز متفاوت باشد. برای اطلاع بیشتر از روش پمپ کردن و افت حباب هوا به مرجع بتن ریزی با پمپ ACI304.2R مراجعه کنید.

بتن میکروسیلیسی یک ماده بسیار سیال است ، به خصوص اگر از توصیه های مربوط به افزایش اسلامپ پیروی شده باشد. اما فریب کارایی ظاهری آن را نخورید. این بتن نیز باید طی بتن ریزی به اندازه کافی ویبره شود. تصور نکنید که شمشه لرزاننده می تواند بتن را در مقطع های عمیق تر مانند تیرهایی که به طور یک پارچه با دال ریخته می شوند ، ویبره کند. ویبراتورهای داخلی را باید مطابق توصیه های ACI به کار برد. برای اطلاع بیشتر به راهنمای تحکیم بتن ACI 309R مراجعه کنید.

پرداخت کاری عرشه ی پل ها

پرداخت کاری عرشه ی پل های بتنی میکروسیلیسی شبیه عرشه ی پل های بدون میکروسیلیس است. بیشترین اختلاف ها عبارت از ملزومات مربوط به حرکت سریع از یک مرحله به مرحله ی بعد و ملزومات مربوط به شروع عمل آوری بلافاصله پس از بتن ریزی و پرداخت کاری هستند. در واقع ، اگر تجهیزات لازم موجود باشند ، حتی می توان پرداخت کاری عرشه ی پل ها را در زمانی کوتاه تر از مدت زمان لازم برای پرداخت کاری سایر کف سازی ها انجام داد. پرداخت کاری سایر کف سازی های بتنی میکروسیلیسی در بخش قبل شرح داده شده اند. روش های شرح داده شده در زیر برای بتن ریزی با عمق کامل و روکش ها یکسان اند. تنها تفاوت بین آنها آماده سازی سطح و ملزومات ممکن برای لایه اتصال بین لایه های بتن ریزی است. مراحل متداول پرداخت کاری عرشه ی پل در نمودار شکل نشان داده شده اند. توجه کنید که این نمودار بتن میکروسیلیسی مصرفی در بتن ریزی های با عمق کامل و روکش ها را پوشش می دهد. مراحل نشان داده شده در این نمودار عبارت اند از:

WWW.CLINICBETON.IR

شکل ۶.۸ مراحل پرداخت‌کاری عرشه پل‌های بتنی. این مراحل در بخش بعدی شرح داده شده‌اند.

تعیین درجه پرداخت کاری لازم

معمولاً درجه پرداخت کاری لازم برای عرشه ی پل ها در مشخصات فنی پروژه تعریف می شود. توجه کنید که معمولاً حداقل کار روی سطح بتن منجر به بادوام ترین سطح ممکن می شود.

برگزاری جلسه پیش بتن ریزی

چنانچه در بخش **۲.۱.۸** شرح داده شد ، این جلسه فرصتی برای بحث در مورد برنامه های پیمانکار برای تمام جنبه های کار است. جلسه را با پرسش های بدون پاسخ ترک نکنید!

انجام بتن ریزی آزمایشی

همچنین چنانچه در بخش **۲.۱.۸** شرح داده شد ،بتن ریزی آزمایشی فرصت ایده آلی برای نهایی کردن تمام تصمیم ها در مورد پرداخت کاری است. بتن ریزی آزمایشی باید در حضور نمایندگان تمام گروه های کاری انجام شود که مسئول پذیرش بتن و روش های شرح داده شده اند. پیمانکار باید در این ازمایش از همان گروه پرداخت کاری کمک بگیرد که قرار است ، بعداً عملیات پرداخت کاری پروژه را انجام دهند. مقیاس بتن ریزی آزمایشی باید به اندازه ای بزرگ باشد که امکان نمایش روش های پرداخت کاری در آن وجود داشته باشد. در پایان بتن ریزی آزمایشی یکی از این دو تصمیم باید گرفته شود : روش پرداخت کاری نمایش داده شده مورد قبول است ، یا بتن ریزی آزمایشی دیگری را باید انجام شود.

آماده سازی سطح برای روکش

مانند هر روکش دیگر ، آماده سازی مناسب سطح یک عامل حیاتی برای بتن ریزی موفق روکش بتنی میکروسیلیسی است. مطابق شکل **۷.۸** تمام بتن های ناسالم باید برداشته شده و آرماتورهای زنگ زده مطابق آنچه در مشخصات فنی مشخص شده است باید تعمیر یا تعویض شوند. باید دقت کافی شود که تمام بتن های باقی مانده در محل که قرار است روکش به آنها متصل شود ، آسیب نبیند. به کرات مشاهده شده است که روکش دقیقاً در زیر خط اتصال دچار مشکل شده است ، زیرا بتن باقی مانده طی عملیات پاک سازی آسیب دیده است.

WWW.CLINICBETON.IR

شکل ۷.۸ عرشهٔ پل بتنی آماده‌شده برای روکش بتنی میکروسیلیسی. آماده‌سازی سطح شامل برداشتن بتن آسیب‌دیده و تمیز کردن آرماتورها است.

به طور کلی ، به دلیل احتمال ریز ترک خوردگی در لایه بستر نباید از ماشین های خرد کننده استفاده کرد. این کار باید با روش های ساچمه پاشی یا حذف با اب انجام شود. برای اطلاع از روش های مناسب برداشت و پاک سازی بتن در بتن ریزی روکش به راهنمای تعمیر ابر سازه های پل بتنی ACI 546.1R مراجعه کنید.مشکل دیگری که در روش های بتنی ، با میکروسیلیس یا بدون آن ، دیده می شود ، این است که سطح بتن زیرین برای اتصال مکانیکی خوب بین دو لایه بسیار صاف است. انجمن میکروسیلیس یک سطح زبر با مصالح سنگی درشت دانه نمایان و یک سطح با پستی و بلندی های حدود 5mm را توصیه می کند. برای ارزیابی اماده سازی سطح می توان یکی از آزمایش هایASTM ، یعنی روش آزمایش استاندارد اندازه گیری عمق ریز

بافت روسازی با استفاده از روش حجمی ASTM E 965 (که آزمایش وصله ماسه نیز نامیده می شود) را انجام داد. یک روش دیگر استفاده از نمونه های زبر آماده شده توسط موسسه ملی تعمیر بن است.

اجرای لایه ی اتصال

افراد مختلف ملزومات را برای به کارگیری لایه ی اتصال بین روکش و بتن زیرین مشخص کرده اند. اگر تنها اجرای یک لایه ی اتصال مشخص شده باشد ، این لایه باید شامل همان مواد سیمانی مصرفی در روکش بتنی باشد. دو نکته وجود دارند که اگر رعایت نشوند ، می توانند مصرف گروت را مشکل ساز کنند : اولاً ، در کارگاه گروت ضعیفی را با یک مخلوط کن کوچک نسازید. گروت را به تولید کننده بتن سفارش دهید. ثانیاً ، گروت را بسیار زودتر از بتن ریزی به کار نبرید.

WWW.CLINICBETON.IR

شکل ۸.۸ بتن‌ریزی بتن میکروسیلیسی روی عرشهٔ پل. به استفاده از ویبراتور برای ایجاد تحکیم بیشتر برای حرکت ماشین پرداخت‌کاری توجه کنید.

هنگامی که این دو حالت پیش می آیند ، گروت خشک می شود و به جای اینکه اتصال قوی تر کند ، آن را ضعیف تر می ماید. برخی از افراد بیان می کنند که شیره ی خود بتن باید قبل از بتن ریزی جارو شود. اگر از این روش پیروی می کنید ، از پاک سازی مصالح سنگی که جارو نمی شوند ، مطمئن شوید.

بتن ریزی

تقریباً برای تمام عرشه ی پل ها ، بتن ریزی مستقیماً از ماشین تحویل یا با پمپ ریخته شود (شکل ۸.۸). در روش پمپ کردن ، به خصوص اگر پمپ نزدیک عرشه ی پل باشد ، ملاحظات مربوط به آرایش بازوی پمپ و افت حباب هوا را که در بخش ۳.۸ ذکر شد ، را فراموش نکنید.

تحکیم و پرداخت کاری بتن

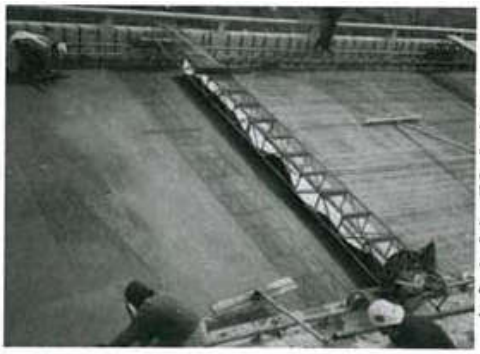
در اغلب بتن ریزی عرشه ی پل ها از ماشین های پیشرفته پل سازی برای شمشه کشی ، تحکیم ، ماله کشی اولیه و ماله کشی صفحه ای بتن استفاده می شود (شکل ۹.۸). هنگامی که این ماشین ها به طور مناسب تنظیم شده باشند ، اساساً نیازی به پرداخت کاری دستی نیست. تنها نگرانی کار با این ماشین ها این است که نمی توان بتن را بسیار دورتر از ماشین روی عرشه ریخت. اداره راه و ترابری ایالت نیویورک حداکثر ریتن ۱/۵ تا m5/2 بتن جلوی ماشین را توصیه می کند. اما این محدودیت تحت شرایط سخت خشک شدن مناسب نیست و باید از حد کمتری استفاده شود.

WWW.CLINICBETON.IR

شکل ۹.۸ ماشین ساخت عرشهٔ پل مورد استفاده برای روکش بتنی میکروسیلیسی.

مضرس سازی سطح

ملزومات مضرس سازی از یک ایین نامه تا آیین نامه دیگر متغیر است. شکل ۱۰.۸ جاروکشی و چمگک کسی یک عرشه بلافاصله پشت ماشین پرداخت کاری را نشان می دهد. بری ز آیین نامه ها پارچه کشی پشت ماشین پرداخت کاری را الزامی می دانند ، در حالی که آیین نامه های دیگر پارچه کشی و سپس برش با اراه را الزامی می دانند. در صورتی که مضرس سازی باید هم زمان با بتن ریزی انجام شود ، اجازه ندهید که بتن طی این فرآیند خشک شود.



شکل ۱۰.۸ الف جاروکشی سطح بعد از عبور ماشین پرداخت‌کاری از روی سطح. ممکن است ماله‌کشی بیشتر و پرداخت‌کاری دستی به‌خصوص در امتداد لبه‌ها الزامی باشد. همچنین مضرس‌سازی با جارو را می‌توان در این عکس مشاهده کرد. در آیین‌نامه‌های مختلف ملزومات مضرس‌سازی عرشهٔ پل‌ها متفاوت است. برخی از آیین‌نامه‌ها جاروکشی و چنگک‌زدن و برخی دیگر برش با اره را پس از سخت‌شدن بتن الزامی می‌دانند.

WWW.CLINICBETON.IR

شکل ۱۰.۸ ب چنگک‌زنی سطح. توجه کنید که برخی آیین‌نامه‌ها شیارزنی پس از سخت‌شدن بتن را الزام می‌دانند.

ج چنگک‌زنی مناسب عرشه.

محافظت و عمل آوری

محافظت و عمل آوری یکی از مهم ترین مراحل بتن ریزی عرشه ی پل هاست. اگر تاخیرهایی در فرآیند بتن ریزی- پردات کاری – مضرس سازی وجود دارد ، بتن را به اقتضای شرایط پروژه با استفاده از مه پاشی ، کند کننده های تبخیر یا ورق های پلاستیکی

محافظت نماییدبلافاصله پس از مرحله پرداخت کاری نهایی ، خواه این مرحله شامل عبور ماشین پرداخت کاری و یا خواه شامل مضرس سازی باشد ، عمل اوری را شروع کنید. ممکن است ، اصطلاح بلافاصله در آیین نامه های مختلف معانی متفاوتی داشته باشد.انجمن میکروسیلیس توصیه می کند که عمل آوری طی ۱۰ تا ۱۵ دقیقه پس از بتن ریزی شروع شود. برای اطلاع یشتر از اهمیت همل آوری بی درنگ به مقاله پی رائول (۲۰۰۱) رجوع کنید.معمولاً ، در مواردی که بتن عرشه ی پل در یک خط عبوری ریخته می شود ، امکان استفاده از کرباس خیس و پلاستیکی بدون هیچ دوره انتظاری برای سخت شدن بتن وجود دارد ، به گوه ای که کارگران بتوانند روی آن راه بروند. این نوع عمل آوری در شکل زیرنشان داده شده است.

WWW.CLINICBETON.IR

شکل ۱۱.۸ الف عمل‌آوری خیس با پارچهٔ کرباسی و ورق پلاستیک روی عرشهٔ پل بتنی میکروسیلیسی.

دو سوالی که به کرات پرسیده می شوند ، عبارت اند از:

چه نوع عمل آوری لازم است ؟

بتن میکروسیلیسی چه مدت باید عمل آوری شود ؟

انجمن میکروسیلیس شدیداً توصیه می کند که عرشه ی پل بتنی میکروسیلیسی باید عمل آوری خیس شد. همچنین حداقل ۷ روز عمل آوری خیس بدون وقفه را توصیه می کند.

هر نوع عمل آوری دیگر یا همین عمل آوری برای مدت زمان کمتر می تواند کیفیت بتن را دست خوش تغییر کند. برای اطلاع بیشتر از اهمیت عمل آوری بتن میکروسیلیسی بخش ۶.۸ را ببینید.

اسلامپ یا پمپ پذیری بتن

پمپ پذیری بتن

معمولا اسلامپ بتن بعد از پمپ شدن کمی کاهش میابد . افت اسلامپ مختصری در حدود 5/2 تا 5 سانتیمتر برای انواع بتن در فرآیند پمپ کردن عادی میباشد افت اسلامپی بیش از این می تواند ناشی از عوامل مختلفی مانند نسبت بندی مصالح سنگدانه ها تخلخل از دست رفتن هوای وارد شده شرایط آب و هوایی و عدم دسترسی به تجهیزات مناسب برای پاک کردن بتن باشد در صورت بروز مشکل برای پمپ کردن بتن

افزودن آب اضافی راه قابل قبول برای برطرف کردن این مشکل نمی باشد چرا که این امر علاوه بر اثرات منفی بر خواص سخت شده بتن باعث رقیق تر شدن و کاهش چسبندگی ملات نیز می گردد. در نتیجه کاهش چسبندگی ملات فشار پمپ می توانند باعث شود تاملات از سنگدانه ها جدا شده بدین ترتیب تجمع سنگدانه ها باعث انسداد لوله پمپ گردد

روشهای متعددی برای برطرف کردن مشکل پمپ پذیری بتن با موفقیت امتحان شده است که از میزان آنها می توان به موارد زیر اشاره کرد:

اصلاح طرح اختلاط و توجه ویژه به عیار سیمان مقدار ریزدانه و استفاده از پوزولان ها

- استفاده از پمپ های با قدرت بیشتر

- کردن مرحله ای بتن از 1 پمپ به پمپ دیگر پیش از رسیدن بتن به محل مورد نظر استفاده از افزودنی فوق روان کننده نسبت به روش های ذکر شده اقتصادی تر بوده و می توانند میزان قابل توجهی فشار پمپ را کاهش و کارایی پمپ را افزایش دهد . استفاده از افزودنی فوق روان کننده در بتن معمولی می توانند فشار پمپ را تا 35 درصد و در بتن سبک از 10 تا 20 درصد کاهش دهد.

افزودنی های هوازا و حباب ساز بتن

افزودنی های هوازا

پیدایش و گسترش بتن هوازایی شده در سال های میانی دهه ی 1930 یکی از پیشرفت های اساسی تکنولوژی بتن به شمار می آید. در اثر اختلاط و هم زدن بتن، مانند هر ماده خمیری دیگر، حباب های ریز و درشت هوا به طور اتفاقی و ناخواسته در بتن حبس می شوند. حباب های هوای حبس شده دارای شکل نامنظم هستند و اندازه آنها بزرگتر از 1000 میکرون (یک میلی متر) است.

این حباب ها ناپایدارند و بخش عمده ای از حباب های درشتی که به این ترتیب ایجاد می شوند به سرعت از بتن خارج می شوند. هوای حبس شده به نام "هوای محبوس" شناخته می شود. منظور از "هوازایی" آن بخش از حباب های ریز هوا است که به طور عمدی در بتن ایجاد می شوند و با هوای محبوس تفاوت آشکار دارد. قطر حباب هایی که به طور عمدی در بتن ایجاد می شوند (هوازایی) از اندازه حباب های محبوس کوچک تر و عمدتاً بین 10 تا 100 میکرون است. برای هوازایی در بتن می توان از یک افزودنی هوازا که در حین اختلاط به بتن افزوده می شود استفاده کرد.

برای هوازایی می توان از سیمان هوازا نیز استفاده کرد ولی در حال حاضر در ایران سیمان هوازا تولید نمی شود. در این فصل به هوازایی در اثر کاربرد یک افزودنی هوازا پرداخته می شود.

افزودنی های هوازا یا هوازاها بنا به تعریف، افزودنی هایی هستند که در حین اختلاط (با تاثیر گذاری بر نیروهای کشش سطحی آب)، ساختاری همگن از ریز حباب های ناپیوسته در بتن، ملات، یا خمیر سیمان پدید می آورند. افزودنی های هوازا در حقیقت با تشکیل و تثبیت حباب های هوایی که در حین اختلاط وارد بتن می شوند، مقدار هوای بتن را افزایش می دهند و برخلاف افزودنی های گازساز یا کف زا هیچگونه گاز یا کفی در اثر واکنش شیمیایی در بتن ایجاد نمی کنند.

مکانیزم عملکرد هوازاها

هوازاها از **نوع افزودنی** های با عملکرد فیزیکی هستند و تاثیر مستقیم بر فرآیند آبگیری سیمان ندارند. این افزودنی ها عمدتاً از مواد اثر کننده بر سطح تشکیل می شوند. مواد اثر کننده بر سطح موادی هستند که در سطح مشترک بین دو فاز آمیخته نشدنی متمرکز می شوند و نیروهای فیزیکی – شیمیایی موثر بر این سطح را تغییر می دهند.

هوازاها در سطح مشترک هوا-آب در خمیر سیمان عمل می کنند و کشش سطحی آب را کاهش می دهند و بدین ترتیب بخش عمده ای از حباب های هوای ناپایدار پدید آمده در حین اختلاط را به ریز حباب های پایدار تبدیل می کنند. این افزودنی ها عمدتاً دارای یک انتهای آب دوست و یک دنباله آب گریز هستند. انتهای آب دوست آنها در آب می ماند و دنباله آب گریز آنها در داخل حباب هوا گرفتار می شود و از داخل شدن آب به درون حباب (ترکیدن حباب) جلوگیری می کند و موجب پایداری حباب های تشکیل شده می شود.

مواد هوازا با ویژگی ها و خواص جانبی گوناگون تولید و ارائه می شوند که بخش اصلی مواد تشکیل دهنده آنها عبارتند از:

- رزین های خنثی شده چوب، Neutralized wood resins

- نمک های اسیدهای چرب، fatty-acid salts
- نمک های مواد پروتینی، Salts of proteinaceous materials
- سولفونات های آلکیل – آریل، Alkyl-aryl sulfonates
- سولفات های آلکیل، Alkyl sulfates
- اتوکسیلات های فنل، Phenol ethoxylates

کاربرد

افزودنی های هوازا به دلایل زیر در بتن به کار می روند:

- بهبود پایایی بتن سخت شده به ویژه در برابر چرخه های یخ زدن و آب شدن
- بهبود ویژگی های بتن تازه به ویژه کارآیی (کار پذیری) و قوام (درون چسبی)

هر چند دلیل اصلی کاربرد افزودنی هوازا بهبود پایایی در برابر چرخه های یخ زدن و آب شدن است ولی این افزودنی سایر ویژگی های بتن را نیز به اندازه ای بهبود می بخشد که کاربرد آن در مناطق معتدل و گرم (بدون خطر یخ بندان) را با رشد روزافزون روبرو کرده است.

تاثیر هوازاها بر ویژگی های بتن تازه

افزودنی های هوازا علاوه بر افزایش مقدار هوای مخلوط بتن تازه، بر برخی دیگر از خواص آن نیز تاثیر می گذارند.

1- بازده حجمی

از آنجا که هوازایی موجب افزایش حجم بتن تازه می شود، در هنگام طرح اختلاط باید این افزایش حجم در محاسبات مربوط به بازده حجمی و تعیین نسبت اجزای تشکیل دهنده بتن در نظر گرفته شود.

2- کارآیی

حباب های هوا مانند ساچمه های ریزی عمل می کنند که حرکت سنگدانه ها بر روی یکدیگر را، به ویژه در بتن های کم سیمان، آسان تر می کنند و روانی (اسلامپ) بتن را افزایش می دهند. به عبارت دیگر، در بتن های با روانی یکسان، بتن هوازایی شده به مقدار آب کمتری نیاز دارد. هوازایی، حجم خمیر را در ممخلوط بتن افزایش می دهد، حالت خمیری بتن های کم سیمان را بهبود می بخشد و کارکردن با آنها را آسان تر می کند. این موضوع به ویژه در بتن های کم سیمان که بزرگترین اندازه سنگدانه آنها بیش از 38 میلی متر است بسیار چشم گیرتر است.

نکته: در بتن های پر سیمان، هوازایی ممکن است حالت خمیری بتن را به اندازه ای افزایش دهد که تاثیر منفی بر کار پذیری مخلوط داشته باشد.

هوازایی در مخلوط های بتن با ریزدانه ناکافی می تواند چسبندگی داخلی بین سنگدانه ها را تا حدودی افزایش دهد (شکل 3-3) و حالت خمیری و کارآیی بتن را بهبود بخشد. به همین دلیل استفاده از افزودنی های هوازا در اندودهای سیمانی، چسبندگی و قوام این اندودها را بهبود می بخشد.

1-آب انداختن

در بتن های با ریزدانه ناکافی، حباب های هوا با توجه به گستردگی و اندازه شان مانند ریزدانه ها عمل می کنند و با پر کردن فضای خالی بین دانه های بزرگ تر، آب انداختن بتن را کاهش می دهند.

2- جداشدگی

هوازایی به دلیل افزایش حجم بخش خمیری مخلوط و بهبود چسبندگی داخلی، جدا شدگی را کاهش می دهد. این موضوع به ویژه در بتن های کم سیمان یا با ریزدانه ناکافی نمایان تر است.

3-پرداخت پذیری

هوازایی در بتن های کم سیمان یا بار ریزدانه ناکافی می تواند پرداخت پذیری مخلوط را بهبود بخشد ولی در بتن های پرسیمان یا پرماسه به دلیل افزایش بیش از اندازه چسبندگی مخلوط ممکن است عملیات پرداخت سطح بتن را با مشکل روبرو کند.

4- تراکم پذیری

حباب های هوا به دلیل عملکرد ساچمه ای، حرکت و لغزش ذرات بر روی یکدیگر را در داخل مخلوط بتن آسان تر می کنند و خواص ریولوژیک بتن تازه و رفتار آن را در هنگام ارتعاش و متراکم شدن بهبود می بخشند. برای متراکم کردن بتن های هوازایی شده در مقایسه با بتن شاهد به انرژی کمتری نیاز است. این اثر در بتن های با روانی (اسلامپ) کم و به ویژه در بتن های بدون اسلامپ نمایان تر است.

تاثیر بر ویژگی های بتن سخت شده

1- مقاومت

هوازایی باعث افزایش تخلخل خمیر سیمان می شود و کاهش مقاومت بتن را به دنبال دارد. در حالت کلی هر یک درصد افزایش هوای بتن می تواند مقاومت آن را 3 تا 5 درصد کاهش دهد. برای روانی یکسان، هنگامی که در بتن های کم سیمان از سنگدانه های بزرگ استفاده می شود، هوازایی الزاماً منجر به کاهش مقاومت بتن نمی شود. هوازایی در بیشتر موارد، آب اختلاط مورد نیاز و در نتیجه نسبت آب به سیمان را کاهش می دهد و می تواند اثر کاهش مقاومت ناشی از هوازایی در بتن را جبران کند. کاهش بیشتر نسبت آب به سیمان و استفاده از افزودنی های کاهنده آب می تواند کاهش مقاومت را جبران کند.

2- جرم حجمی

هوازایی به دلیل افزایش تخلخل بتن، جرم بتن تازه و سخت شده را کاهش می دهد. این کاهش جرم حجمی بتن به اندازه ای نیست که بتن حاصله به عنوان بتن سبک به شمار آید.

3- پایایی در برابر چرخه های یخ زدن و آب شدن

ایجاد حباب های هوا در بتن، بیشترین تاثیر را در بهبود پایایی آن در برابر چرخه های یخ زدن و آب شدن دارد. چنانچه خمیر سیمان دارای حباب های هوا باشد و میانگین فاصله بین حباب های هوا خیلی بزرگ نباشد، این حباب ها مانند محفظه هایی برای جا دادن آب یخ نزده عمل می کنند و از فشار ایجاد شده در حفره ها و لوله های مویین می کاهند. عقیده عمومی بر آن است که خمیر سیمانی که مقاومت کافی داشته باشد می تواند به کمک هوازایی کاملاً در مقابل آسیب ناشی از یخ زدگی مصونیت یابد. با این حال باید در نظر داشت که هوازایی به تنهایی نمی تواند مانع آسیب دیدگی بتن در اثر یخ زدگی شود زیرا باید پدیده یخ زدگی در سنگدانه را نیز در نظر داشت.تاثیر گذاری هوازایی بر بهبود پایایی در برابر چرخه های یخ زدن و آب شدن، علاوه بر مقدار هوای بتن، به فاصله و اندازه ی حباب های هوا و به طور کلی به ساختار حباب های هوا بستگی دارد. روشی برای ارزیابی ساختار و سیستم حباب های هوا در بتن سخت شده در ASTM C457 تشریح شده است. چنانچه ویژگی های حباب های هوا به ترتیب زیر باشد، می توان آن را به عنوان ساختاری با مقاومت کافی در برابر یخ زدن و آب شدن انگاشت:

- ضریب فاصله، L، (شاخصی که بیانگر فاصله بین حباب ها است) کمتر از 0/2 میلی متر باشد.
- سطح ویژه (مساحت سطح حفره های هوا) به ازای هر میلی متر مکعب از حجم سیستم حباب های هوا کمتر از 24 میلی متر مربع نباشد.

4- بهبود پایایی در برابر واکنش های انبساط زا

همانگونه که حباب های هوا مانند محفظه هایی برای کاهش فشار ناشی از یخ زدن عمل می کنند، به روشی مشابه می توانند برای جای دادن محصولات حاصل از انبساط در حمله سولفاتی یا واکنش قلیایی – سیلیسی عمل کنند و از پدید آمدن تنش های مخرب ناشی از انبساط این محصولات جلوگیری کنند و کارآمد بودن هوازایی در برابر اینگونه واکنش های انبساطی مخرب نیازمند تحقیق و بررسی بیشتری است.

5-نفوذ پذیری

نفوذپذیری در برابر مایعات، با افزایش مقدار هوای بتن (ناشی از هوازایی) کاهش می یابد. به طور کلی نفوذپذیری بتن هوازایی شده کمتر از بتن هوازایی نشده است.

6- مقاومت در برابر یخ زداها

هوازایی، مقاومت بتن در برابر پوسته شدگی ناشی از کاربرد نمک های یخ زدا را افزایش می دهد. برای تولید بتن مقاوم در برابر پوسته شدن لازم است حباب های هوا به طور یکنواخت پخش شوند. عدم یکنواختی می تواند ناشی از پراکندگی نامناسب حباب های هوا در حین اختلاط باشد.

تاثیر مواد متشکله بتن بر عملکرد هوازاها

همانگونه که وجود ماده افزودنی هوازا روی نسبت اجزا و ویژگی های بتن تاثیر می گذارد، خواص و مقدار اجزای تشکیل دهنده بتن نیز تاثیر متقابل بر عملکرد هوازاها دارند.

1- سیمان

در محدوده مقادیر متعارف سیمان و به ازای درصد مصرف ثابت هوازا نسبت به سیمان، مقدار هوای ایجاد شده با افزایش مقدار سیمان کاهش می یابد. تقریباً افزایش هر 90 کیلوگرم سیمان در مترمکعب بتن، مقدار هوای ایجاد شده در بتن (هوازایی) را حدود 1٪ کاهش می دهد.در مقدار ثابت سیمان و ماده هوازا، افزایش ریزی ذرات سیمان به کاهش مقدار حباب های هوا منجر خواهد شد. برای دستیابی به مقدار هوازایی یکسان، سیمان پرتلند نوع 3 که سیمانی با ریزی زیاد است در مقایسه با سیمان نوع 1 با ریزی معمولی، ممکن است به دو برابر ماده افزودنی هوازا نیاز داشته باشد.سیمان های پرقلیا در مقایسه با سیمان های کم قلیا، به ازای مقدار یکسان ماده هوازا، ممکن است حباب های هوای بیشتری ایجاد کنند. برای دستیابی به مقدار هوای یکسان، سیمان کم قلیا در مقایسه با سیمان پرقلیا ممکن است به 20 تا 40 درصد (گاه تا 70 درصد) ماده هوازای بیشتری نیاز داشته باشد. اگر در کارگاه از سیمان های گوناگون استفاده می شود باید برای هر نوع سیمان، مقدار ماده افزودنی مناسب تعیین شود.

2- سنگدانه درشت

اندازه سنگدانه درشت بر مقدار هوای بتن (هوازایی شده و معمولی) تاثیر چشمگیری دارد. با کاهش بزرگ ترین اندازه سنگدانه، به دلیل افزایش حجم ملات در مخلوط، مقدار هوای ایجاد شده به ازای مقدار ثابت افزودنی هوازا افزایش می یابد. این موضوع در بتن های با اندازه کوچک تر از 37/5 میلی متر برجسته تر است و برای بتن های با سنگدانه های بزرگ تر از 37/5 میلی متر، در اثر تغییر بزرگترین اندازه سنگدانه، مقدار وای ایجاد شده تغییر چندانی نمی کند.

3- سنگدانه ریز

مقدار سنگدانه ریز مخلوط بر مقدار هوای ایجاد شده تاثیر می گذارد. افزایش سنگدانه ریز موجب می شود که به ازای مقدار معینی سیمان یا ماده افزودنی هوازا، مقدار بیشتری حباب هوا ایجاد شود (در بتن هوازایی نشده نیز هوای محبوس بیشتر می شود). بخش هایی از سنگدانه ریز که از الک نمره 30 می گذرند و روی الک نمره 100 می مانند (دانه های بین 150 تا 600 میکرون)، نسبت به دانه های خیلی ریز یا درشت تر، حباب های هوای بیشتری را ایجاد می کنند. اگر مقدار دانه های عبوری (گذرنده) از الک نمره 100 (کوچکتر از 150 میکرون) زیاد باشد، باعث کاهش بسیار زیادی در حباب های هوا خواهد شد. سنگدانه های ریز از منابع گوناگون، حتی اگر دانه بندی مشابهی داشته باشند، ممکن است مقادیر متفاوتی حباب هوا ایجاد کنند. این موضوع می تواند ناشی از اختلاف در شکل و بافت سطحی دانه ها یا ناشی از آلودگی دانه ها با مقادیر جزیی مواد آلی باشد.

4- آب اختلاط

افزایش آب اختلاط باعث می شود که اب بیشتری برای تشکیل حباب های هوا در محیط موجود باشد و به همین دلیل باعث افزایش مقدار هوا می شود.افزودن مقدار کمی آب به بتنی با اسلامپ پایین، که حاوی مقادیر زیادی از مواد افزودنی کاهنده آب و

هوازا باشد، می تواند مقدار هوا و اسلامپ بتن را به مقدار زیادی افزایش دهد. از سوی دیگر، افزودن آب به مخلوط های خیلی روان (با اسلامپ 200 تا 250 میلی متر) ممکن است مقدار هوای بتن را کاهش دهد.کیفیت آب اختلاط مصرفی نیز ممکن است بر مقدار هوای بتن تاثیر گذارد. آب آلوده به جلبک مقدار هوا را افزایش می دهد. آب بازیافتی از شستشوی مخلوط کن ها که حاوی مقدیر زیادی مواد قلیایی است نیز می تواند مشکل آفرین باشد. تاثیر مقدار قلیایی ها بر هوازایی در بند 3-7-1 شرح داده شده است. آب های با سختی زیاد در بیشتر موارد مقدار هوای بتن را کاهش می دهند.

5- پوزولان ها و رنگدانه ها

وجود مصالح ریزدانه و ذرات کوچکتر از 20 میکرون در مخلوط (صرف نظر از این که پرکننده، پوزولان، یا رنگدانه باشد) موجب کاهش هوای بتن می شود. خاکستر بادی، مواد رنگی مانند دوده کربن یا سایر مواد خیلی ریز به ازای مقدار معینی از ماده افزودنی، معمولاً مقدار حباب های هوا را کاهش می دهند. این موضوع به خصوص در مورد ریزدانه هایی که درصد زیادی کربن دارند صدق می کند.استفاده از مقادیر زیاد سرباره یا دوده سیلیسی در بتن ممکن است مقدار افزودنی مورد نیاز را، برای دستیابی به یک مقدار معین هوا، تا دو برابر افزایش دهد.

6- افزودنی های شیمیایی

مواد افزودنی کندگیر کننده و کاهنده های آب، با پایدار کردن حباب های هوا، بازدهی مواد افزودنی هوازا را 50 تا 100 درصد افزایش می دهند. بنابراین، وقتی از این مواد استفاده می شود معمولاً مقادیر کمتری مواد افزودنی هوازا مقدار هوای مورد نظر را تامین می کند. همچنین زمان افزودن مواد **افزودنی کاهنده آب یا کندگیر کننده** به داخل مخلوط بر مقدار هوای ایجاد شده تاثیر می گذارد. به طور کلی هر چه این افزودنی ها دیرتر به مخلوط اضافه شوند مقدار هوا افزایش می یابد.

کندگیر کننده ها ممکن است فاصله بین حفره های هوای بتن را افزایش دهند. برخی از مواد افزودنی کاهنده آب یا کندگیر کننده ها با بعضی از مواد هوازا سازگاری ندارند. چنانچه این مواد پیش از آنکه به داخل مخلوط کن ریخته شوند با هم به آب اختلاط اضافه شوند، ممکن است رسوب تشکیل دهند. این رسوب بخشی از حباب های هوای مخلوط بتن را از بین خواهد برد اما این امر هرگز به آن معنی نیست که اگر مواد افزودنی یاد شده به طور جداگانه به بتن اضافه شوند به طور کامل موثر نباشند.

فوق روان کننده ها (یا کاهنده های آب) بسته به فرمول شیمیایی و اسلامپ بتن، ممکن است مقدار هوای بتن را افزایش یا کاهش دهند. فوق روان کننده های با پایه نفتالین به افزایش مقدار هوا گرایش دارند در حالیکه فوق روان کننده های با پایه ملامین ممکن است مقدار هوا را کاهش دهند یا بر مقدار هوا اثر اندکی داشته باشند. فراروان کننده ها عمدتاً در مقادیر مصرف زیاد ممکن است هوای بتن را کاهش دهند.

فوق روان کننده ها با افزایش ابعاد کلی حفره های هوای ایجاد شده بر خصوصیات سیستم حفره های هوای بتن سخت شده تاثیر می گذارند. این موضوع ممکن است منجر به افزایش ضریب فاصله به مقادیری بیش از حد متعارف شود که گاه بزرگتر از فاصله ای است که برای پایایی (دوام) در برابر یخ زدن و آب شدن مطلوب شمرده می شود . با این همه، آزمایش های انجام شده روی بتن های هوازایی شده حاوی فوق روان کننده با ضرایب فاصله قدری بزرگتر نشان داده اند که این بتن ها در برابر یخ زدن و آب شدن از دوام مطلوبی برخوردارند. این موضوع ممکن است ناشی از کاهش نسبت آب به سیمان در بتن های دارای فوق **روان کننده** باشد. شتاب دهنده های (تسریع کننده های) غیر کلریدی بسته به ساختار شیمیایی خود ممکن است مقدار هوا را افزایش یا کاهش دهند ولی عموماً اثر ناچیزی بر مقدار هوا دارند.

تاثیر عوامل محیطی و اجرایی

چگونگی اختلاط، دما، انتقال و جابجا کردن، ارتعاش و لرزاندن، روانی (اسلامپ)، و پرداخت بتن از جمله عوامل مهم و تاثیر گذار بر عملکرد افزودنی های هوازا هستند.

1- اختلاط

نحوه اختلاط یکی از مهم ترین عوامل موثر بر تولید حباب های هوا در بتن است. مقدار حباب های هوا برحسب نوع و شرایط مخلوط کن، حجم بتنی که مخلوط می شود، و میزان و مدت اختلاط تغییر می کند. چنانچه تیغه های دستگاه مخلوط کن فرسوده شوند یا بتن سخت شده در داخل دیگ مخلوط کن یا روی تیغه های آن انباشته شود مقدار حباب های هوا در یک مخلوط مشخص به نحو چشم گیری کاهش می یابد. به علت وجود اختلاف در زمان و نحوه اختلاط، ممکن است مقادیر حباب های هوای بتن های ساخته شده در مخلوط کن های ثابت در مقایسه با بتن های ساخته شده در مخلوط کن های متحرک به نحوه چشم گیری تفاوت داشته باشند. وقتی حجم پیمانه بتن به نحو قابل ملاحظه ای با ظرفیت اسمی مخلوط کن تفاوت داشته باشد، ممکن است مقدار هوا افزایش یا کاهش یابد. در مخلوط کن های بزرگ چنانچه حجم پیمانه بتن خیلی کوچک باشد حباب هوای ناچیزی در بتن ایجاد می شود ولی با افزایش حجم پیمانه تا ظرفیت اسمی مخلوط کن، مقدار هوای ایجاد شده افزایش می یابد.

با افزایش سرعت اختلاط تا حدود 20 دور در دقیقه، مقدار هوای بیشتری ایجاد می شود و با افزایش سرعت اختلاط به بیش از 20 دور در دقیقه مقدار هوای ایجاد شده کاهش می یابد. زمان و سرعت اختلاط، در مخلوط های گوناگون تاثیر متفاوتی بر مقدار هوا می گذارد. در هنگام اختلاط با برخی مخلوط کن ها و انواع خاصی از تجهیزات اختلاط، مقادیر چشم گیری از هوا ممکن است هدر رود.

2- دمای بتن

دمای بتن بر مقدار هوای آن تاثیر می گذارد. با افزایش دمای بتن به خصوص وقتی اسلامپ نیز افزایش یابد، حباب های هوای کمتری ایجاد می شود. این اثر، به خصوص در هنگام بتن ریزی در هوای گرم مهم است. کاهش مقدار هوا را در صورت نیاز می توان با افزایش مقدار ماده افزودنی هوازا جبران کرد. در بتن ریزی در هوای سرد ماده افزودنی هوازا ممکن است مقداری از تاثیر خود را از دست بدهد زیرا در حین ساخت بتن از آب گرم استفاده می شود. برای جبران این افت، مواد افزودنی باید پس از رسیدن مصالح به دمای تعادل به مخلوط اضافه شوند. اگر چه افزایش دمای بتن در حین اختلاط عموماً حجم هوا را کاهش می دهد ولی ضریب فاصله و سطح ویژه حباب های هوا تحت تاثیر زیادی قرار نمی گیرند.

3- انتقال و جابه جا کردن

به طور کلی مقداری از هوای بتن، تقریباً 1 تا 2 درصد، در حین انتقال بتن از مخلوط کن به محل بتن ریزی هدر می رود. مقدار هوای بتن در حین انتقال تحت تاثیر پاره ای عوامل مانند زمان حمل، میزان هم زدن یا ارتعاش در حین انتقال، دما، اسلامپ، مقدار آبی که دوباره اضافه می شود و نیز اجزای تشکیل دهنده بتن قرار دارد. مقدار هوای بتن در محل بتن ریزی و در حین بتن ریزی از طریق تخلیه با شوت، جرثقیل و جام (باکت)، فرغون، گاری موتوری و بیل تقریباً ثابت باقی می ماند. جابه جا کردن بتن با پمپ و تسمه نقاله طویل می تواند به کاهش مقدار هوای بتن منجر شود. پمپ کردن بتن باعث کاهش مقدار هوا تا حدود 2/5 درصد می شود. افت مقدار هوا در بتن روان در حین اختلاط و جابجایی حدود 1/5 درصد است.

4- ارتعاش و لرزاندن بتن

ارتعاش و لرزاندن بتن موجب کاهش چشم گیری در مقدار هوا خواهد شد و باید از ارتعاش طولانی مدت بتن هوازایی شده پرهیز کرد. هر چه اسلامپ زیادتر، مقدار هوای اولیه بیشتر، و مدت زمان ارتعاش طولانی تر باشد، درصد کاهش مقدار هوا حین ارتعاش زیادتر می شود. چنانچه لرزاندن به درستی انجام گیرد، مقدار کمی از حباب های هوایی که عمدتاً ایجاد شده اند، از دست خواهند رفت. هوایی که حین جابه جایی بتن و ارتعاش از بین می رود، اکثراً حباب های بزرگی را شامل می شود که از نظر مقاومت و دوام معمولاً نامطلوب اند.

ارتعاش گرهای درونی بیشتر از ارتعاش گرهای بیرونی مقدار هوا را کاهش می دهند. مقدار از دست دادن هوا ناشی از ارتعاش با کاهش حجم بتن یا با افزایش بسامد ارتعاش، افزایش می یابد. بسامدهای ارتعاش کمتر (حدود 8000 دور در دقیقه) نسبت به

بسامدهای بیشتر (حدود 14000 دور در دقیقه)، بر ضرایب فاصله و مقدار هوای بتن تاثیر کمتری دارند. بسامدهای بیشتر، پس از 20 ثانیه ارتعاش، می توانند به نحو چشمگیری ضرایب فاصله را افزایش و مقادیر هوا را کاهش دهند.

5- اسلامپ

به ازای مقدار ثابت از ماده افزودنی هوازا، مقدار هوای بتن با افزایش اسلامپ تا حدود 175 میلی متر، افزایش می یابد و با افزایش بیشتر اسلامپ، مقدار هوا کاهش می یابد. افزایش روانی، امکان حرکت و لغزش دانه ها بر روی یکدیگر و به طور کلی عمل هم زدن و اختلاط را آسان تر و امکان تشکیل حباب های هوا را بیشتر می کند. از طرف دیگر در بتن های با روانی های زیاد، احتمال پر شدن فضای خالی بین دانه ها بزرگتر با دانه های ریزتر بیشتر می شود و این موضوع می تواند به رانده شدن و از بین رفتن حباب های هوا منجر شود.

افزودن هر 5 لیتر آب در یک متر مکعب بتن می تواند اسلامپ را تقریباً به اندازه 25 میلی متر افزایش دهد. هر 25 میلی متر افزایش اسلامپ در بتن های با اسلامپ پایین تا متوسط و با مقدار ماده افزودنی هوازا ثابت، مقدار هوای بتن را تقریباً نیم تا یک درصد افزایش می دهد. این مقادیر تقریبی تا حدود زیادی به دمای بتن، اسلامپ، نوع و مقدار سیمان و ماده افزودنی مصرفی بستگی دارد.

6- پرداخت

شمشه کشی، ماله کشی و عملیات متعارف پرداخت کردن که به درستی انجام شوند روی مقدار هوا اثر نمی گذارند. با این وجود، عملیات پرداخت پیش از موقع ممکن است مقدار هوای ایجاد شده در سطح بتن را کاهش دهد و سطح بتن را مستعد پوسته شدن کند. پرداخت بیش از اندازه نیز می تواند باعث کاهش هوای ایجاد شده در سطح بتن شود.

رهنمودهای کاربردی

چنانچه اطلاعات کافی و معتبر از کاربرد یک افزودنی هوازا در دسترس نباشد، بهترین روش برای بررسی تاثیر افزودنی بر خواص بتن انجام آزمایش های کارگاهی است. این آزمایش ها باید با توجه به شرایط آب و هوایی مورد انتظار، روش و امکانات عملی ساخت و اجرای بتن و با استفاده از مصالح مصرفی کارگاه انجام پذیرد. مقدار هوا، روانی، آب انداختن، جداشدگی و مقاومت های مکانیکی از جمله پارامترهایی هستند که انتظار می رود در اثر به کار بردن مواد هوازا در طرح اختلاط بتن تغییر کنند.

اگر چه راهنمایی های بسیار سودمندی در آیین نامه های معتبر بین المللی و استانداردهای ساختمانی ایران برای کاربرد افزودنی های شیمیایی وجود دارد ولی اغلب انها برای شرایط استاندارد و آزمایشگاهی در نظر گرفته شده اند. بنابراین بهتر است ضمن پیروی از آنها اقدام به انجام آزمایش های کارگاهی نزدیک به شرایط واقعی کاربردی در کارگاه کرد. از به کار بردن افزودنی های هوازا به شکل پودر باید پرهیز شود. این افزودنی ها بایستی به صورت محلول به مخلوط بتن افزوده شوند.

از آنجا که عملکرد افزودنی های هوازا به نوع و شدت اختلاط بستگی دارد، باید آنها را در ایستگاه بتن ساز و در هنگام اختلاط به بتن اضافه کرد و افزودن آنها در پای کار به داخل دیگ کامیون مخلوط کن کارآمد نیست و توصیه نمی شود.

به دلیل اهمیت موضوع و همچنان که پیشتر گفته شد، چون هوازاها با برخی از افزودنی های دیگر و به ویژه با برخی از کاهنده های آب سازگاری ندارند و آمیختن آنها پیش از ریختن در مخلوط بتن می تواند منجر به تولید رسوب و کاهش رانمدان افزودنی ها شود باید هوازاها به طور جداگانه پیمانه و به مخلوط اضافه شوند.با توجه به اینکه مقدار مصرف افزودنی ها هوازا بسیار اندک است (معمولاً بین 0/05 تا 0/15 درصد جرم سیمان)، ابزار اندازه گیری برای پیمانه کردن آنها در کارگاه باید دقت بسیار زیادی داشته باشند. بهتر است که این افزودنی ها پیش از پیمانه کردن، با آب رقیق شوند تا خطای پیمانه کردن آنها به حداقل برسد.

آموزش کاربران و آگاه کردن آنان در مورد حساسیت و اثرات منفی احتمالی ناشی از مصارف نادرست افزودنی هوازا، الزامی و بسیار سودمند خواهد بود.

ارزیابی و انتخاب ماده هوازا

چنانچه طرح بتن دارای کارآیی و قابلیت پرداخت مناسب باشد و ماده افزودنی هوازا به آن افزوده شود، مقدار هوای بتن افزایش می یابد و باعث تغییر در حجم کل بتن می شود. از سوی دیگر، استفاده از افزودنی هوازا موجب بهبود روانی و چسبندگی داخلی بتن نیز می شود. در اینگونه موارد برای جبران افزایش حجم مخلوط به دلیل هوازایی، می توان به اندازه مقدار هوای افزایش یافته از حجم آب یا سنگدانه ریز یا هر دو کاست.مقدار مصرف افزودنی هوازا برای دستیابی به یک مقدار مشخص هوا در بتن باید براساس ساخت مخلوط های آزمایشی با مصالح مصرفی تعیین شود. مقادیر مصرف واقعی در مواردی ممکن است با محدوده مصرف پیشنهادی تولید کننده تفاوت قابل ملاحظه ای داشته باشد.برای اصلاح تاثیر مقدار هوا بر اسلامپ در مخلوط آزمایشی بتن هوازایی شده، به ازای هر یک درصد افزایش یا کاهش مقدار هوای مخلوط آزمایشی می توان مقدار آب اختلاط را به اندازه 2/5 کیلوگرم در متر مکعب بتن کاهش یا افزایش داد.مقدار هوای اندازه گیری شده در بتن هوازایی شده، مجموع هوای محبوس و هوای ایجاد شده (هوازایی) است. از آنجا که فقط حباب های عمدی ایجاد شده در مقاومت در برابر یخ زدن و آب شدن نقش دارند، برای اطمینان از مقاومت بتن هوازایی شده در برابر چرخه های یخ زدن و آب شدن نمی توان تنها به مقدار هوای اندازه گیری شده بسنده کرد.

کنترل کیفیت

یکنواختی و ثابت بودن یک افزودنی در مراحل مختلف پروژه و ارسال های متعدد به کارگاه بایستی کنترل شود و برابری آن با آزمایش های اولیه به اثبات برسد. آزمون های لازم برای شناسایی و تایید افزودنی ها شامل: تعیین درصد مواد جامد، غلظت ظاهری، طیف سنجی برای مواد آلی، مقدار کلراید، درجه قلیایی (Ph)، و برخی موارد دیگر می باشند. معمولاً با کنترل رنگ، بو، شکل ظاهری و اندازه گیری غلظت و مقدار pH می توان یکنواختی محموله های مختلف افزودنی های وارده به کارگاه را تایید یا رد کرد.

افزایش پایایی بتن

پایایی یا دوام بتن را می توان به صورت توانایی مقاومت بتن در برابر هوازدگی , حمله شیمیایی و سایش در ضمن حفظ خصوصیات مهندسی مورد نظر با حداقل افت جرم در محیط مهاجم تعریف کرد . نفوذپذیری سیمان به وسیله تخلخل موئینه خمیر کنترل می شود و با پیشرفت درجه هیدراسیون آن تغییر می کند . در یک خمیر سیمان تازه , نفوذپذیری به وسیله اندازه , شکل و غلظت ذارت اولیه سیمان کنترل می شود و با پیشرفت هیدراسیون , نفوذپذیری به سرعت کم می گردد و کاهش نفوذپذیری بتن باعث افزایش پایایی بتن می شود نفوذپذیری بتن بر پایایی آن تاثیر دارد . تاثیر سیمان پرتلند پوزولانی بر نفوذپذیری بتن در سنین اولیه چندادن محسوس نمی باشد , اما در سنین طولانی تر که بتن در مجاورت رطوبت نگهداری گردد دارای نفوذپذیری کمتر می شود . این امر به خاطر فعال شدن پوزولان در خمیر سیمان و ایجاد واکنش های پوزولانی در بستر زمان است که باعث افزایش نسبی مقاومت و کاهش تخلخل در خمیر سیمان می شود . همچنین سیمان پرتلند پوزولانی در درازمدت به خاطر واکنش بین پوزولان و Ca(OH) حاصل از هیدراسیون فازهای سیمان و تشکیل ماده چسبنده سیمانی (ژل سیمان) باعث نفوذپذیری کمتر خواهد بود .قسمتی از نقش پوزولان ها در کاهش نفوذپذیری بتن را می توان به کاهش جداشدگی و آب انداختگی و کاهش نیاز به آب در بتن , نسبت داد . با استفاده از مواد پوزولانی که با حفظ کارآیی مقدار آب بتن را کاهش می دهند , می توان از نسبت آب به سیمان کمتر استفاده کرد که نسبت آب به سیمان هر چه کمتر باشد مقدار منافذ مویینه بتن کاهش یافته و در نتیجه نفوذپذیری بتن کاهش می یابد .

با عمل آوری کافی , خاکستر بادی , دوده سیلیس , متاکائولن , روباره آسیاب شده و پوزولان های طبیعی معمولا نفوذپذیری و جذب آب بتن را کاهش میدهند .

مواد پوزولانی , انبساط ناشی از واکنش های قلیایی سنگدانه را کاهش می دهند مثلا خاکستر بادی کم کلسیم گروه F انبساط ناشی از واکنش های قلیایی سنگدانه را در برخی موارد تا 70٪ کاهش می دهد. مواد پوزولانی برای بی اثر کردن واکنش شیمیایی قلیایی های موجود در بتن , سیلیکات کلسیم هیدراته اضافی تولید می کنند

یکی از موارد عمده خرابی ها در بتن , ناشی از حملات سولفاتی است که با استفاده از افزودنی های بتن یا کاهنده های آب می توان آن تصحیح کرد(افزودنی های کربکسیلاتی یا نفتالینی) . حمله ی سولفات می تواند به شکل انبساط بتن ظاهر شود . وقتی که بتن ترک میخورد , تراوایی آن افزایش می یابد و آب مهاجم راحت تر به داخل آن نفوذ می کند و بنابراین آسیب دیدگی تسریع می شود . دوم اینکه حمله سولفاتی می تواند به صورت کاهش مستمر مقاومت و کاهش مستمر جرم ناشی از آسیب دیدن چسبندگی بین محصولات حاصل از هیدراسیون سیمان, انجام گیرد . استفاده از پوزولان های طبیعی همراه با سیمان پرتلند حملات مخرب ناشی از آب دریا , خاک های سولفات دار و آب های اسیدی را کاهش می دهد . این بهبود نسبی برای بتن های کم عیار , بیشتر می باشد . البته استفاده از یک پوزولان به همراه سیمان پرتلند ضد سولفات الزاما مقاومت در برابر حملات سولفاتی را افزایش نمی دهد . حتی اگر آلومین فعال در پوزولان موجود باشد , ممکن است سبب کاهش مقاومت در برابر حملات سولفاتی گردد که می توان با استفاده از ملات های آماده تعمیری(ملات ترمیمی بتن)مه نسیت به ترک های موجود تعیین می شوند استفاده نمود.

آزمایش PULL OFF اف آر پی

آزمایش PULL OFF یا بیرون کشیدگی، یک تست بتن کارگاهی برای ارزیابی مقدار نیروی کششی مورد نیاز برای کشیدن دیسک چسبیده به سطح بتن با رزین اپوکسی یا پلی استر می باشد و در مقاوم سازی ساختمان کاربرد زیادی دارد.

پرکاربرد ترین تست pull off (پول آف) تست چسب ۰۰۷ می باشد. در این تست دیسک بوسیله چسب با مقاومت بالابه بتن می چسبد و سپس توسط اهرم کشیده می شود.

انجام آزمونهای کششی Pull-off پول آف در کارگاه شامل مواد، تجهیزات و عملیات خطرناکی می باشد و بهتر است که کاربر قبل از اقدام ، موارد ایمنی مناسب را رعایت نماید.

تستPULL OFF تستPULL OFF

مرور کلی روش آزمون:

برای اجرای آزمون Pull-Off یا بیرون کشیدگی:

محل و سطح مورد تست pull off را آماده نمایید.

از یک مته کرگیری برای سوراخ کردن سطح بتن آماده شده یا مواد تعمیراتی موجود در بتن سیستم ترکیبی استفاده کنید.

با استفاده از چسب با مقاومت بالا یک دیسک صلب را به روی حفره ایجاد شده متصل کنید.

توسط دستگاه تستpull off ، از طریق دیسک صلب یک بار کششی عمود بر هسته اعمال نمایید.

استحکام اتصال کششی، به عنوان بار شکست تقسیم بر مساحت سطح مقطع هسته گزارش و نوع حالت شکست نیز شناسایی می شود.

تجهیزات و مواد مورد نیاز برای تست: PULL OFF

ماشین کر گیری یا دریل:

ماشین کرگیری این قابلیت را دارد که بصورت عمود بر سطح مورد تست pull off و بدون فشار آوردن به هسته مورد حفاری کار کند. مته حفاری باید آلیاژ الماسه باشد.

دیسک صلب:

قطر دیسک باید حداقل ۵۰ میلیمتر و با ضخامت مناسب جهت توزیع نیروی وارده بدون تاب خوردگی باشد.

برای دیسک فولادی با قطر ۵۰ میلیمتر، حداقل ضخامت باید ۲۰ میلیمتر و دیسک با قطر ۷۵ میلیمتر باید دارای ضخامت ۳۰۰ میلیمتری باشد.

برای دیسک آلومینیمی با قطر ۵۰ میلیمتر، حداقل ضخامت لازم ۲۵ میلیمتر و صفحه به قطر ۷۵ میلیمتر باید ۳۸ میلیمتر ضخامت داشته باشد.

قطر سوراخ حفاری شده باید با قطر دیسک متناسب باشد.

چسب:

مقاومت کششی اتصال بین دیسک و سطح مورد تست pull off باید بالاتر از مقاومت بتن یا مواد تعمیراتی باشد، لذا برای چسباندن دیسک سخت به مغزه حفاری شده، از چسب خمیری یا ژل مخصوص استفاده می گردد.

دستگاه تست: Pull-Off

حداقل ظرفیت دستگاه باید حداقل دو برابر بارگذاری مجاز باشد. بعنوان مثال برای یک مغزه با قطر ۵۰ میلی متر، دستگاه مورد نیاز باید دارای ظرفیت حداقل ۱۵۰۰ پوند یا۷۵۰۰۰ نیوتن باشد که مطابق سفارش تولید کننده کالیبره شود.

تجهیزات دیگر: دماسنج و کولیس

انتخاب محل آزمون:

محل باید سالم و عاری از لایه لایه شدگی (جدایش لایه ای) و فاقد اقلام تعبیه شده ای مثل شیر آلات و لوله و کابل و... باشد.

آماده سازی سطح:

سطح باید تمیز و عاری از آلودگی بوده و فاقد بتن تخریب شده و یا سست باشد.

آماده سازی سطح باید مطابق الزامات پروژه و توصیه های کارخانه سازنده دستگاه صورت گیرد.

برای تست pull off سطوح نامنظم، باید سطحی که اجازه می دهد.

تا دستگاه تست pull off استقرار یکنواخت و محکم و با جهت گیری مناسب به نمونه آزمون داشته باشد ایجاد گردد.

برخی شرکتهای سازنده، ساب زنی و تسطیح محل آزمون را توصیه کرده اند.

آماده سازی نمونه آزمون:

مغزه گیری: برای سطح بتن موجود یک استوانه قائم به عمق حداقل ۲۵ میلیمتر یا نصف قطر مغزه ایجاد کنید (هرکدام بزرگتر است). برای مغزه به قطر ۵۰ میلیمتر، حداقل عمق باید ۲۵ میلیمتر و برای قطر مغزه ۷۵ میلیمتر حداقل عمق حفاری باید ۳۸ میلیمتر باشد. برای بتن ترمیم شده کامپوزیتی نیز به همین شیوه عمل می شود . سپس تمام ضایعات ناشی از حفاری همچون گرد و غبار و آب را تمیز نموده و اجازه می دهیم تا کاملاً خشک شود.

دیسک را روی مغزه حفاری شده توسط چسب مناسب بچسبانید. سطح باید کاملا تمیز و دیسک در وسط قاعده مغزه قرار گیرد.

چسب مورد استفاده را مطابق دستورالعمل سازنده عمل آوری کنید. چسب مورد استفاده نباید به داخل شیارهای اطراف مغزه بلغزد.

در صورت چنین پیش آمدی نمونه را رها کرده و حفاری دیگری را انجام دهید. در دمای زیر ۲۰ درجه سلسیوس، برای تسریع در گیرش و عمل آوری چسب، میتوانید به آرامی دیسک را تا حداکثر ۵۰ درجه سلسیوس گرم کنید. برای اینکار هرگز از شعله مستقیم استفاده نکنید، سشوار گزینه مناسب تری است. نمونه مورد نظر باید مطابق تصویر زیر آماده شده باشد.

بارگذاری و تستpull off

پس از آماده سازی، دستگاه آزمون Pull-Off را روی دیسک نصب نمایید. برای ایجاد یک بار کششی عمودی و بدون خروج از محوریت، قالب عکس العمل یا همان تکیه گاه دستگاه باید بصورت یکنواخت بر روی سطح قرار گیرد. پس از تعبیه، سیستم را با رنج حدود ۰۰۰۴ مگاپاسکال در ثانیه مورد بارگذاری کششی قرار دهید. پس از بارگذاری، شکل جدایش صورت گرفته و عدد نیرو اطلاعات مورد نظر این تست خواهند بود.

راهکار:

اگر پیوند اتصال مناسب باشد باید گسیختگی در بستر بتنی صورت گیرد که در نتیجه آن حد پایین مقاومت چسبندگی بدست می آید. اگر ظرفیت اتصال ضعیف بوده و منجر به گسیختگی از نوع دیگری شود، این آزمایش میتواند بینشی کلی نسبت به رفتار اتصال و مکانیزم شکست بدست دهد. طبقه بندی نوع شکست به ارزیابی کیفی اتصال و شناسایی ماهیت تخریب کمک می نماید. در این آزمایش چون این الیاف به دو صورت چسبندگی لمینیت های FRP و الیاف اشباع شده FRP در ترمیم بتن مورد استفاده قرار می

گیرد.بهترین راهکار برای مقاوم سازی افزایش مقاومت کششی و چسبندگی الیاف اشباع در بتن ، تزریق رزین هایی با کیفیت بالا به بتن مورد آزمایش می باشد و در حالت لمینیت مناسب ترین روش استفاده از الیاف کارآمد و مناسب شرایط سازه ای و اجرایی می باشد.

نتیجه: جهت انجام این آزمایش باید برای هر لایه اف آرپی ۶ روز زمان بگذارند تا کیورینگ و عملیات رزین ها به خوبی انجام پذیرفته باشد،می توانید جهت سوالات بیشتر با واحد فنی کلینیک بتن ایران (مهندسین مشاور مهرازان پایدار)تماس حاصل فرمایید.

تعیین مقاومت فشاری بتن

• تعیین مقاومت فشاری بتن

جهت تعیین مقاومت فشاری بتن مراحل زیر انجام می‌گیرد.

- کنترل بتن از نظر انطباق با مقاومت مشخصه (نمونه‌های عمل آمده در آزمایشگاه) طبق استاندارد ASTM C192 , C39

- کنترل بتن از نظر یکنواختی اختلاط طبق استاندارد ASTM C94 (مربوط به بتن آماده)

- کنترل عمل‌آوری (تهیه نمونه‌های عمل‌آمده در کارگاه) ASTM C31 , C39

- کنترل مقاومت بتن در زمان های مختلف در شرایط عمل‌آوری کارگاهی (نمونه آگاهی) برای قالب‌برداری و عمل‌آوری

- کنترل مقاومت مغزه‌های بتن سخت شده قطعات سازه طبق استاندارد ASTM C42

• نمونه برداری از بتن تازه

- طبق استاندارد ASTM C172 و 489 ایران

- تهیه و عمل آوری نمونه‌های آزمایشی بتن در آزمایشگاه طبق استاندارد ASTM C192 و 581 ایران

• نکات مربوط به نمونه‌برداری از بتن تازه

در نمونه‌برداری از بتن تازه نکات ذیل را باید رعایت نمود.

- بین اولین و آخرین بخش نمونه اخذ شده نباید بیش از 15 دقیقه فاصله زمانی وجود داشته باشد.

- بخش‌های نمونه اخذ شده باید به کمک یک بیل یا بیلچه مجدداً به خوبی مخلوط شود تا یکنواختی در حداقل مدت زمان ممکن حاصل گردد.

- آزمایش های تعیین اسلامپ و هوای بتن یا هر دو آن ها را باید ظرف مدت 5 دقیقه پس از تهیه آخرین بخش بتن آغاز کرد.

- قالب‌گیری از آزمونه‌های مقاومتی باید ظرف مدت 15 دقیقه پس از تهیه نمونه مخلوط شده، آغاز شود و سریعاً ادامه یابد (طبق دستور تهیه قالب).

- آزمونه باید در برابر باد، آفتاب و سایر عوامل تبخیر سریع و نیز از نزدیکی با مواد مضر و عوامل آسیب رسان محافظت شود.

- حداقل اندازه نمونه برای آزمایش های مقاومت 25 لیتر است (حداقل 5 برابر حجم آزمونه‌ها) نمونه‌های کوچکتر برای انجام آزمایش های روانی ودرصد هوا مجاز تلقی می‌شوند.

- تهیه نمونه از مخلوط کن‌های ثابت (به جز بتونیرها) با مخلوط نمودن 2 بخش یا بیشتر از نمونه‌های اخذ شده در فواصل منظم زمانی در هنگام تخلیه بخش‌های میانی مخلوط بتن انجام می‌شود. هرگز نباید از قسمت های اول و آخر مخلوط نمونه گرفته شود. نمونه اخذ شده باید از تمام سطح جریان مخلوط گرفته شود و نباید جدا شدگی در جریان بوجود آید.

- تهیه نمونه از بتونیرها با اخذ حداقل 5 بخش از بتن تخلیه شده از بتونیر و اختلاط آن ها انجام می‌شود. بتن تخلیه شده نباید در معرض تبخیر شدید یا جذب آب توسط سطح جاذب باشد.

- تهیه نمونه از تراک میکسر با مخلوط نمودن 2 بخش یا بیشتر از نمونه‌های اخذ شده در فواصل منظم زمانی در هنگام تخلیه بخش‌های میانی انجام می‌شود. باید از قسمت های اول و آخر تراک نمونه گرفته شود و نباید قبل ازاختلاط کامل آب یا افزودنی

مورد نظر نمونه‌گیری شود. توصیه می‌شود بخش‌های این نمونه از تخلیه ، ، و تهیه شود. در انجام آزمایش روانی می‌توان پس از تخلیه 0/3 مترمکعب بتن از تراک میکسر نمونه‌گیری را انجام داد.

حمله ی سولفاتی به بتن چگونه رخ می دهد

هر آنچه که باید درباره حمله ی سولفاتی به بتن بدانید

سولفات‌های سدیم، منیزیم و کلسیم نمک‌هایی هستند که معمولاً در خاک‌ها و آب‌های زیرزمینی یافت می‌شوند. این سولفات‌ها با آهک و آلومینات هیدراته در چسب سیمان واکنش می‌دهند و کلسیم سولفات و کلسیم سولفو آلومینات را تشکیل می‌دهند. حجم محصولات این واکنش‌ها بیشتر از حجم چسب سیمانی است که در آن قرار دارند، بنا بر این باعث ترک خوردگی در بتن سخت شده می‌شوند. هنگامی که علت آسیب دیدگی بتن، حمله‌ی سولفاتی تشخیص داده شد، ترمیم باید با استفاده از مواد مقاوم در برابر سولفات‌ها از جمله بتن نفوذ ناپذیر (بتن با نسبت آب به سیمان پایین و سیمان و خاکستر سرباره ی بیشتر) آغاز شود؛ همچنین سیمان مورد استفاده بایستی در برابر **حمله ی سولفاتی به بتن** مقاوم باشد سیمان نوع دو و نوع پنج پرتلند به خاطر درصد کلسیم آلومینیت پایین، در برابر حملات سولفاتی، مقاومت خوبی دارد. راهنمای ACI 318 شامل مشروح و توضیح برای انتخاب نوع سیمان و نحوه‌ی مخلوط کردن بتن بر اساس مواد داخل خاک یا آب‌های زیر زمینی می‌باشد.بتنی که تحت حمله ی سولفاتی قرار گرفته است، گاهی می‌تواند با ترمیم پوششی یا استفاده از مواد گیرشی در بتن، مورد ترمیم قرار گیرد. اضافه شدن چرخه های بیشتر، تر و خشک شدن به پیشرفت خرابی سولفاتی شتاب بیشتری می‌دهد. با دخالت و تغییر در این چرخه ها می‌توان در سرعت آسیب دیدگی تغییراتی ایجاد نمود. پروسه‌هایی نظیر از بین بردن یا پاکسازی منبع انتشار سولفات‌ها هم می‌تواند کمک زیادی بکند. در غیر این صورت و اگر این روش‌ها امکان‌پذیر نبود، بتن آسیب دیده بایستی برداشته شود و بتنی با استفاده از سیمان‌های نوع دو و پنج و خاکستر سرباره‌ی نوع F جانشین آن شود.حملات سولفاتی می‌توانند با شکل‌های مختلفی خود را آشکار سازند. یک مورد جالب حمله‌ی سولفاتی در سرریزی در کانزاس رخ داد بتن زیر زهکش نهر دچار آسیب دیدگی شد و سپس ترمیم گشت (شکل پایین). اما خیلی زود ترمیم با شکست مواجه شد. با آزمایش بر روی نمونه‌های برداشته شده از محل مشخص شد که آسیب دیدگی صرفاً محدود به نواحی‌ای است که به خاطر **زهکشی** نهر مرطوب شده‌اند و آسیب دیدگی بیشتر از 1 اینچ در بتن نفوذ نکرده است. آزمایش‌ها بر روی آب نهر نشان داد که در ماه‌های گرم تابستان، آب که حاوی سولفات بالایی بوده تبخیر می‌شده و مواد سولفاتی از خود به جای می‌گذاشته است؛ که در نهایت منجر به حمله‌ی سولفاتی شده. وقتی دلیل اصلی آسیب دیدگی مشخص شد، ترمیم با استفاده از بتنی که دارای مقاومت در برابر حملات سولفاتی داشت، آغاز شد. در این مورد، از **سیمان** نوع پنج در **بتن** استفاده گردید.

بتن ترمیم یافته توسط حملات سولفاتی آسیب دید. پس از آن ترمیم با استفاده از مواد مقاوم در برابر حمله سولفاتی به بتن صورت گرفت. یک نوع کمیاب دیگر از حملات سولفاتی، اخیرا در سد مونتانا رخ داد. مسائل کیفی باعث شد تا **دوغاب** با کیفیت پایین برای تحکیم سرریز به سازه تزریق شود. به خاطر شرایط ویژه‌ی سد (چرخش آب برای جلوگیری از انجماد آن در نزدیکی خروجی‌ها، وجود کلسیم کربنات در آب ذخیره شده و آب بسیار سرد) حمله ی سولفاتی به شکل تائوماسیت در آن رخ داد و باعث تضعیف بتن گشت. آسیب دیدگی تقریباً سریع پیش رفت، اما با مشخص شدن دلیل آن، اقدامات مناسب برای ترمیم آن صورت گرفت.

ساخت و خصوصیات بتن مسلح به الیاف پلی پروپلین

الیاف پلی پروپیلن با اشکال مختلف و به طرق متفاوت در بتن آمیخته می شوند. الیاف می توانند به صورت الیاف قطعه قطعه شده کوتاه و مجزا(تک رشته یا نوار رشته ای)، به شکل شبکه پیوسته از صفحات نازک رشته ای و یا مانند شبکه به هم بافته، در بتن مخلوط شوند. واضح است که روش تولید به مقدار زیادی وابسته به شکل الیاف می باشد.

والتن و ماجومدار با استفاده از روش آب زدایی افشانه- مکش، اقدام به تولید صفحات بتنی مسلح با الیاف تک رشته ای قطعه قطعه شده پلی پروپیلن کردند. داو و الیس با به کارگیری روش مخلوط کردن، آب زدایی و تراکم، ترکیبات حاوی تک رشته های قطعه قطعه شده و صفحات نازک رشته ای از الیاف پلی پروپیلن را تولید کردند. هان نات با به کارگیری روش قراردهی دستی، شبکه

های پیوسته صفحات نازک رشته ای پلی پروپیلن را وارد ساختار بتن کرد. همچنین رایت بای، گالووی و ویلیامز روش قراردهی دستی را به منظور قرار دادن شبکه به هم بافته پلی پروپیلن در داخل ملات سیمان به کار بردند.

با به کارگیری روش های ساخت قراردهی دستی شبکه هایی از صفحات نازک و پیوسته پلی پروپیلن یا شبکه های به هم بافته، می توان به درصدهای حجمی بالایی از الیاف تا ٪12 دست یافت. الیاف با حجم های تا ٪6 با به کارگیری روش های آب زدایی با اسپری مکنده حاصل می شوند. حجم های تا ٪11 با استفاده از الیاف قطعه قطعه شده ای به دست می آید که به طور مستقیم در داخل ماتریس با نسبت آب به سیمان بالا مخلوط شده و سپس با مکش یا تراکم، آب اضافی آن خارج می شود.

وقتی الیاف قطعه قطعه شده پلی پروپیلن در داخل مخلوط بتن با مصالح معمولی ریخته می شود، درصد حجمی الیاف باید نسبتاً پایین نگه داشته شود.چندین محقق تصدیق کرده اند که اضافه کردن الیاف پلی پروپیلن به بتن، روی اسلامپ بتن تاثیر داشته است. اسلامپ بتن مسلح به الیاف به طول الیاف و تمرکز الیاف بستگی دارد. یکی از محققین متذکر شد هنگامی که الیاف پلی پروپیلن رشته رشته شده که به طول 2 اینچ 51) میلیمتر) با 0.1 درصد حجمی به مخلوط بتن با مصالح معمولی اضافه شوند، اسلامپ بیش از 3 اینچ 75) میلیمتر) کاهش می یابد.به دلیل آبگریز بودن الیاف پلی پروپیلن، لازم است مدت اختلاط تنها به اندازه ای باشد که از توزیع یکنواخت آنها در مخلوط بتن اطمینان حاصل شود. در مورد صفحات نازک رشته ای یا الیاف های نواری زمان مخلوط کردن باید آنقدر کم باشد که از پاره شدن غیر ضروری الیاف جلوگیری شود. الیاف پلی پروپیلن معمولاً بعد از اینکه همه اجزای معمول بتن به طور کامل مخلوط شدند، اضافه می شود.مخلوط بتن آماده حاوی الیاف پلی پروپیلن را می توان با استفاده از روش های معمول، بتن ریزی نمود. اگر چه مراقبت های زیادی باید اعمال شود تا از خارج شدن همه هوای محبوس در بتن و حصول چگالی مطلوب اطمینان حاصل شود. به طور معمول مخلوط بتن آماده دارای الیاف پلی پروپیلن به تراکم کامل (کمی بیشتر از بتن غیر مسلح) نیاز دارد. بتن های مسلح به الیاف پلی پروپیلن به خوبی به روش های معمول تراکم، پاسخ می دهند و الیاف به راحتی از مخلوط جدا نمی شود.

تحقیقات قابل ملاحظه ای در مورد **بتن مسلح به الیاف پلی پروپیلن** انجام شده است. نتایج آزمایش برای ترکیبات مسلح به الی اف پلی پروپیلن در محدوده درصدهای حجمی ٪0.1 تا ٪10 گردآوری شده است.خصوصیات بتن مسلح به الیاف پلی پروپیلن تا حد ی متغیر است و به میزان زیاد به میزان آب رفتگی و شکل الیاف به کار گرفته شده بستگی دارد.

مقاومت پیوستگی بتن

به طور کلی تاثیر الیاف پلی پروپیلن به عنوان تقویت کننده بتن بستگی به پیوستگی میان ملات و الیاف دارد. پیوستگی شیمیایی م یان الیاف پلی پروپیلن و ملات سیمان، ضعیف و معمولاً نزولی است. در حقیقت قالب های بتن، معمولاً از پلی پروپیلن ساخته می شوند زیرا بتن سخت شده به راحتی از آن جدا می شود. برای آنکه بتن مسلح به الیاف از دیدگاه سازه ای عملکرد رضایت بخشی دا شته باشد، باید پیوستگی خوبی میان الیاف و ملات سیمانی وجود داشته باشد.

الیاف پلی پروپیلن به شکل صفحات نازک رشته ای و نوارها یا شبکه های به هم بافته، پیوستگی بهتری را با ملات سیمانی نسبت به ا لیاف تک رشته ای قطعه قطعه شده، تامین می کنند.

البته بهبود پیوستگی اغلب به طور کامل مکانیکی است و نتیجه

مستقیمی از نفوذ ملات های سیمانی به داخل تک رشته های الیاف است که به وسیله رشته رشته شدن، تولید شده اند.

فساد حرارتی الیاف پلی پروپیلن در ترکیبات سیمانی

اندونین، مایی و کنترل داده اند که بتن مسلح به الیاف پلی پروپیلن ممکن است با برخی روش های عمل آوری با بخار سازگار نباشند .نتایج آزمایش های آنها نشان می دهد ترکیباتی که در اتوکلاو در فشار Mpa0.4 و دمای C°140 به مدت 24 ساعت عمل آوری شده اند و سپس در کوره با دمای C°116 به مدت 24 ساعت خشک شده اند، به دلیل فساد حرارتی ناشی از اکسایش الیاف، انعطاف پذیری خود را به طور چشمگیری از دست داده اند.

بعدها ثابت شد که فساد حرارتی به دلیل حرارت بالای کوره خشک کننده بوده است و اگر دمای خشک کردن به میزان زیادی کاهش یابد، می توان از عمل آوری با اتوکلاو به همراه خشک کردن در کوره استفاده نمود.

میکروسیلیس در بتن چه استفاده هایی دارد ؟

تحقیقات اخیر نشان می دهد که میکروسیلیس تاثیر بسیاری در کنترل انبساط بتن ناشی از ASR دارد و با میزان استفاده 10٪ یا کمتر استفاده از آن، آسیب های انبساط در منشور سنگدانه های واکنش زا از بین می رود. این اتفاق به آسانی در محلول های قلیایی، که در آنها از ترکیب سیمان با میکروسیلیس استفاده شده است، مشاهده می شود.

گفتنی است میزان پایین بازدهی میکروسیلیس در کنترل انبساط در دراز مدت به وسیله تعدادی از کاربرها مورد سوال واقع شده است. تحقیقات نشان داده است که 10٪ میکروسیلیس واکنش ها را به تعویق می اندازد یا کندتر می کند، اما این واکنش ها را کاملاً در سنگدانه های اپالین از بین نمی برد. مقدار 15٪ جایگزینی **میکروسیلیس در بتن** نیز ممکن است برای استفاده با اپال کافی نباشد. کار با کریستوبالیت همچنین نشان می دهد که اساساً مقداری بیشتر از 10٪ میکروسیلیس، برای از بین رفتن دراز مدت انبساط نیاز است. خاطر نشان می شود، نظر به انجام بعضی مطالعات، برخی از سنگدانه ها ممکن است در بتن حاوی انواع سیلیس های با واکنش زایی کم، مناسب نباشد.دیگر بررسی ها در کانادا بر روی سنگدانه های واکنش زا حاوی موارد اثبات شده بیشتری در خصوص پتانسیل انبساط های زیان آور، در بتن با 10٪ میکروسیلیس است. میکروسیلیس ممکن است شرایطی را برای عقب انداختن واکنش های آسیب زننده برای مدت 2 سال یا بیشتر در منشورهای بتنی نگهداری شده در 38 درجه سانتی گراد، مهیا کند، اما دلایلی ارائه شده است که نهایتاً برای تعدادی از سنگدانه ها وقتی با سیمان های با قلیاییت بالا استفاده می شوند، انبساط ها از حد 04/0٪ تجاوز می کند.در این زمینه مطالعات گسترده ای با نتایج متفاوت و متغیر به وسیله بررسی کنندگان بسیاری، حاصل شده است. منابع این تفاوت ها شامل موارد زیر است :

خصوصیات میکروسیلیس مورد استفاده و اثر بخشی حاصل از پراکندگی در بتن

واکنش طبیعی سنگدانه ها

مقدار قلیاییت سیمان پرتلند

نسبت بندی های مخلوط

انواع نمونه ها (ابعاد،بتن،یا ملات)

شرایط نگهداری ها

مدت زمان آزمایش کردن

با تمام این تفاوت ها به طور کلی می توان تجمیع نظرات محققان را به صورت زیر بیان کرد :

اگر چه رفتارهای نامطلوبی در برخی مطالعات با میزان جایگزینی 5٪ میکروسیلیس مشاهده شده است، اما کاهش انبساط با افزایش مقدار میکروسیلیس حاصل می شود.اطلاعات نامطلوبی درخصوص تاثیر ترکیب میکروسیلیس ارزیابی شده موجود است. میکروسیلیس با مقدار کم SiO_2 یا به طور غیرمعمولی با میزان Na_2Oe بالا، نمی تواند تاثیر چشمگیری در کنترل انبساط داشته باشد.

در مقدار معمول میکروسیلیس (5 تا 10٪)، انبساط با افزایش مقدار قلیاییت سیمان یا کل مقدار قلیاییت بتن افزایش می یابد.اثر میکروسیلیس با واکنش طبیعی سنگدانه ها حاصل می شود و توانایی کم میکروسیلیس در کنترل انبساط اپال و کریستوبالیت با واکنش زایی بالا پایدار می شود.میکروسیلیس سرعت انبساط را کندتر می کند، و مطمئناً تاثیر بیشتری در درصد جایگزینی دارد.

در صنعت ساخت و ساز ایسلند، میکروسیلیس با سیمان قلیایی بالا (تقریباً 1/5٪ Na_2Oe) استفاده می شود و سنگدانه های با واکنش زایی بالا، در مسکن سازی های بتنی از سال 1979 به کار گرفته شده است. این نکته حائز اهمیت است که این روزها هیچ گزارشی مبنی بر وجود ASR در این بتن ها وجود ندارد.در افریقای جنوبی حداقل جایگزینی میزان 15٪ میکروسیلیس برای کنترل ASR توصیه شده است. در درصدهای جایگزینی کمتر، مقدار قلیاییت فعال مخلوط سیمان- میکروسیلیس باید برای سنگدانه های

ویژه، قبل از اینکه مورد استفاده قرار گیرد، کنترل شود. فعال بودن قلیایی ها با میکروسیلیس با تعیین انجام آزمون ASTM C 311 برای قلیایی های موجود یا محاسبه یا فرض 30٪ از کل قلیایی ها فعال هستند، تعیین می شود.

در CSA A23.2-27A، حداقل میزان میکروسیلیس مورد نیاز برای کنترل انبساط واکنش پذیری سنگدانه ها به موارد متعددی بستگی دارد. مقدار قلیایی ها در بتن به مدت زمان بهره برداری، اندازه اعضای سازه ای و شرایط محیطی بستگی دارد.میکروسیلیس با مقدار قلیاییت متجاوز از 1٪ Na2Oe، نمی تواند مورد استفاده قرار بگیرد، مگر اینکه درجه تاثیر میکروسیلیس بر سنگدانه های پای کار توسط آزمون، مطابق با CSA A23.2-28A به اثبات رسیده باشد.

استفاده از پوزولان های طبیعی

واژه پوزولان ها، پوشش دهنده انواع متفاوت سنگدانه های طبیعی سیلیسی واکنش دار، از خاکسترهای آتشفشانی و مواد حاصل از چرخه موادی مثل سیلیس (رس یا سنگ رسی خشک شده یا متاکائولین) است. بعضی سنگدانه های واکنش دار در تولید مواد برای استفاده به صورت افزودنی پوزولانی در بتن مناسب اند. استفاده از پوزولان ها برای بتن در ACI 232.1R تشریح شده است. خصوصیات شیمیایی و فیزیکی آنها نیز در ASTM C 618 مشخص شده است.

در اولین نشریات و مقالاتی که در مورد ASR، گزارش شده است، انبساط ناشی از واکنش باید با استفاده از سیمان پوزولانی حاوی ریزدانه های سنگ رسی یا جایگزینی 25 درصد سیمان با قلیاییت بالا با 25٪ پومیس، کاهش داده شود. جایگزینی پومیس تاثیر بیشتری برکاهش انبساط نسبت به مقدار معادل آن با ماسه اتاوا دارد. مواد پوزولانی متعددی مورد آزمایش قرار گرفته است و تاثیر همه آنها در کنترل انبساط ASR که در آن مقدار مناسبی از افزودنی ها مورد استفاده بودند، به دست آمده است. پوزولان های طبیعی به طور گسترده ای با هم مخلوط می شوند و میزان مورد نیاز برای از بین بردن انبساط باید توسط آزمون ASTM C 441 یا ترجیحاً در بتن با سنگدانه های پای کار (ASTM C 1293) تعیین شود.

آزمون هایی برای ارزیابی تاثیر پوزولان ها و سرباره ها بر روی ASR

آزمون منشور ملات شیشه نشکن ASTM C 441 روش آزمودنی است که معمولاً برای ارزیابی تاثیر پوزولان ها و سرباره در کنترل انبساط ناشی از ASR استفاده می شود. آزمون های اخیر با U.S.A.C.E و U.S.B.R نشان داده است که خاکستر بادی و سرباره تاثیر کمتری نسبت به پوزولان های طبیعی با سیلیس بالا دارند و استفاده از نسبت بندی متجاوز از 40٪، بنا به تعریف مطرح شده در ASTM C 441 تاثیر می گذارد. پس از آن بسیاری از کاربرها از این آزمایش برای ارزیابی عملکرد پوزولان ها و سرباره استفاده کردند.در ویرایش اخیر آزمون ASTM C 441، انبساط منشور ملات (نگهداره شده در دمای 38 درجه) ساخته شده با سیمان با قلیاییت بالا (0/95 تا 1/05٪ Na2Oe) و 25٪ خاکستر بادی (براساس حجم) یا 50٪ سرباره با کنترل منشورها (تنها سیمان) مقایسه و کاهش درصد پوزولان و سرباره محاسبه شده است. به عنوان گزینه ای دیگر می توان مصالح و میزان درصد مواد جایگزینی که به صورت واقعی در پروژه استفاده شده است را مورد استفاده قرار داد. در ASTM C 618 (مشخصات برای پوزولان طبیعی و خاکستر بادی) ملزم می کند که انبساط مخلوط آزمون (صرف نظر از مقدار قلیاییت سیمان مورد استفاده) نباید بیشتر از انبساط با قلیایی کم باشد. در ASTM C 989 (مشخصات فنی برای سرباره) بتن حاوی ملزومات ASR نیست، اما پیشنهاداتی در پیوست غیر الزامی آن، برای استفاده از ASTM C 441، انبساط در 14 روز به وسیله 75٪ کنترل یا نگهداشتن پایین تر از 0/020٪ وقتی با مواد پروژه استفاده می شود، کاهش می یابد. ویرایش های اخیر این آزمون ملزم می کند سرباره جایگزین 20 درصد (براساس حجم)، مورد استفاده قرار گیرد. معیارهای مورد استفاده برای ارزیابی پوزولان ها یا سرباره در این آزمون، به دلیل محافظه کارانه بودن آن، همواره مورد نقد بعضی از کاربرهاست.پتانسیل میکروسیلیس برای کاهش انبساط ASR آشکار است، البته اگر به میزان مشخص شده 25٪ حجمی در آزمون های مورد استفاده ASTM C 441 جایگزین شود. اغلب جمع شدگی ها بعد از 14 روز از زمان آزمایش مشاهده می شود. تحقیقات دیگری، مقادیر متفاوتی از جایگزینی را مورد استفاده قرار دادند و پی بردند که مقدار 10٪ در کاهش انبساط 14 روزه بیشتر از 75٪ در کنترل انبساط موثر است.

دیگر کاربردها بر مطابقت استفاده از 10٪ و حتی کمتر، از میکروسیلیس با این معیارها تاکید دارند. مطالعات نشان می دهد انبساط نمونه های میکروسیلیس بعد از 14 روز ادامه می یابد و پرسش هایی را برای اعتماد به آزمون های با زمان کم مطرح می کند.

یکی از مطمئن ترین روش ها برای ارزیابی تاثیر پوزولان ها و سرباره برروی انبساط حاصل از ASR، به وسیله انجام آزمون های آزمایشگاهی بدون شک آزمون انبساط مخلوط های بتنی برپایه شرایط مشابه آزمون ASTM C 1293 است. متاسفانه، این آزمون ممکن است تا 2 سال برای حصول اطلاعات رضایت بخش برای خاکستر بادی و سرباره طول بکشد و حتی دوره طولانی تری برای میکروسیلیس نیاز است. ارتباط و همبستگی مستدلی در مقایسه نتایج آزمون منشور بتنی (حد انبساط 2 ساله 0/04٪ در ASTM C 1293) و در آزمون منشور ملات تسریع شده (حد انبساط 14 روزه 0/10٪ در ASTM C 1567وجود دارد. بسیاری از سازمان ها، راهنماها و پیش نویس ها برنامه های خود را برای تعیین کنترل ASR، پوزولان ها، سرباره یا ترکیب این مواد توسعه داده اند. راهنماها استفاده از ترکیب ازمون های منشور ملات و منشور بتنی را برای ارزیابی پتانسیل واکنش زایی مخلوط های بتنی مطرح می کنند.

10-11 استفاده از افزودنی های شیمیایی

استفاده از افزودنی های شیمیایی برای جلوگیری از ASR در صنعت ساخت و ساز چندان گسترده نیست. این مواد شامل نمک های لیتیم و دیگر نمک ها شامل باریم و غیره است.

نمک های لیتیم

تحقیقات نشان می دهد که توانایی ترکیبات لیتیم (Li2CO3 , LiF , LiCl) برای کنترل ASR زیاد است اما ذکر این نکته مهم است که استفاده از لیتیم برای ساخت و سازهای صنعتی و با توجه به هزینه نسبتاً بالای آن قابل قبول نیست. بسیاری از تحقیقات نشان می دهد که استفاده از لیتیم در سال های اخیر مورد توجه بیشتری قرار گرفته است.

میزان لیتیم مورد نیاز برای کنترل انبساط زیان آور بستگی به مقدار قلیاییت بتن و واکنش های طبیعی سنگدانه ها دارد. به طور کلی تحقیقات ثابت می کند که نسبت هایی در محدوده 0/6 تا 1 Li/(Na+K)) عملکرد مناسبی در خنثی کردن انبساط ها از خود نشان می دهد. به هر حال باید توجه کرد که لیتیم ناکافی می تواند باعث افزایش انبساط و سودمندی لیتیم شود و به واکنش طبیعی سنگدانه ها بستگی دارد. چندین سند (براساس AASHTO) برای راهنمایی استفاده از افزودنی لیتیم برای کنترل ASR ارائه می دهند.

دیگر افزودنی های شیمیایی

ترکیبات شیمیایی دیگری در کاهش انبساط ناشی از ASR پیدا شده است. اینها شامل موارد گوناگونی از نمک های باریم، سیلیکوفلوراید سدیم و آلکیل الکوکسی سیلان هستند که مورد مطالعه قرار گرفته اند، اما نتایج مطمئنی به دست نداده است. علاوه بر این تحقیقات تکمیلی برای اثبات تاثیر افزودنی های مختلف برای کنترل ASR به آزمایشات بیشتری نیاز دارد.

افزودنی ضد یخ بتن به چه منظور استفاده می شود ؟

ایده‌ی ساده و اصلی برای استفاده از این نوع افزودنی در بتن، جلوگیری از تبدیل آب به یخ می‌باشد. تا زمانی که آب به صورت مایع است، پروسه‌ی هیدراسیون ادامه می‌دهد. آب و سیمان با یکدیگر واکنش می‌دهند و ماده‌ای که تحت عنوان چسب سیمان می‌شناسیم را تشکیل می‌دهد. این واکنش تا حدّ زیادی تحت تاثیر و تابع دمای محیط می‌باشد و هر چه دما پایین‌تر برود، سرعت واکنش نیز افت می‌کند.وقتی افزودنی ضد یخ به آب اضافه می‌شود، این ماده‌ی شیمیایی ساختارهایی را که در آب وجود دارد و باعث می‌شود تا آب به شکل جامد دربیاید را تحت تاثیر قرار می‌دهد. به عبارت دیگر می‌توان گفت این ساختار را از بین می‌بَرَد. ترکیبات شیمیایی زیادی وجود دارند که به عنوان ضد یخ در آب عمل می‌کنند. پیش از این ممکن است با افزودنی‌های ضد یخ با تعریف دیگری نیز آشنا شده باشید که آن تعریف هم درست است: افزودنی ضد یخ در واقع باعث کاهش نقطه‌ی انجماد در آب می‌شود تا آب در دمای صفر درجه یخ نزند

تنوع این مواد بسیار زیاد است با این وجود به برخی از آن‌ها اشاره می‌کنیم:

- کلسیم کلرید (CaCl2)
- سدیم کلرید (NaCl)
- سدیم نیترات (NaNO3)
- کلسیم نیترات (Ca(NO3)2)
- پتاسیم کربنات (K2CO3)
- اتیلن گلیکول (C2H6O2)
- سدیم فرمات (HCOONa)

از پتاسیم کربنات (پتاش) به خاطر تاثیر منفی‌اش بر روی گیرش بتن (معمولاً تسریع آن) و اتیلن گلیکول به خاطر کند کردن گیرش بتن، معمولاً استفاده نمی‌شود. و با این که هم سدیم کلرید و هم کلسیم کلرید موادی عالی برای پایین آوردن نقطه‌ی انجماد آب هستند، اما از کلرید محلول در آب به خاطر افزایش احتمال خوردگی فولاد استفاده نمی‌شود.

سدیم نیترات یک ضد یخ خوب و قابل اتکایی است که می‌تواند دمای انجماد آب را تا منفی ده درجه‌ی سانتی گراد کاهش دهد. اما از طرف دیگر، مقاومت نهایی بتن با اضافه کردن این ترکیب به آب، دست‌خوش تغییرات منفی می‌شود. سدیم فرمات در پایین آوردن دمای انجماد آب، عملکردی تقریباً شبیه به سدیم نیترات دارد؛ با این تفاوت که نسبت کم‌تری از آن در مقایسه با سدیم نیترات می‌تواند دمای انجماد آب را به منفی ده درجه‌ی سانتی گراد برساند. و البته این که در هنگام استفاده از مقادیر کم از این ترکیب شیمیایی، مقاومت فشاری اولیه‌ی بتن افزایش می‌یابد. این مورد تنها در صورتی رخ می‌دهد که میزان استفاده از این ماده کم باشد؛ در موارد دیگر نتیجه عکس خواهد بود.هم چنین آزمایش‌ها نشان داده که کلسیم نیترات **افزودنی ضد یخ بتن** پر بازدهی نیست. این افزودنی باعث ایجاد تغییرات گسترده در ویژگی‌های بتن از جمله بالا رفتن دمای آن می‌شود که در هنگام عمل آوری یا کیورینگ، مشکلات زیادی را ایجاد خواهد کرد.در سال‌های اخیر محققان سعی کرده‌اند تا با ترکیب چندین ماده‌ی شیمیاییِ ضد یخ با یک دیگر، یک افزودنی ضد یخ بی‌نقص بسازند. این تلاش‌ها در نهایت با موفقیت همراه بوده و افزودنی‌هایی غیر خالص تولید شده‌اند که در کنار پایین آوردن دمای انجماد آب به صورت چشمگیر، تغییرات چندانی در دیگر ویژگی‌های بتن از جمله مقاومت فشاری آن ایجاد نمی‌کنند

کفپوش های بدون درز (اپوکسی)

خواص متفاوت انواع اپوکسی به نسبت ترکیب خشک کننده اپوکسی (هاردنر)، پرکننده ای بنام فیلر و سایر افزودنی های آن مربوط می شود برای مثال این رزین به همراه الیاف آرامید در ساخت ملخ هلی کوپتر، کلاه خودهای جنگی، ساخت موتور راکت ها و کپسول های تحت فشار بکار می رود.کفپوش های اپوکسی یا به اصطلاح کفپوش های بدون درز (کفپوش های بهداشتی) از ترکیب مقدار مناسبی هاردنر به همراه رنگدانه ها تهیه می شود از این رو دارای تنوع رنگ زیادی بوده و کیفیت و دوام بالایی دارند و سال ها پس از اجرا نیازی به بازسازی نخواهند داشت. این کفپوش ها به سهولت بر روی تمامی سطوح سیمانی، سنگ، موزاییک و ... قابل اجرا هستند اما توصیه می شود جهت حصول بالاترین کیفیت، قبل از اجرا کلیه سطوح سیمانی مسطح و یک دست شوند. کفپوش های اپوکسی در کارخانجات خودرو سازی، انبار های صنعتی، صنایع نظامی صنایع غذایی، صنایع شیمیایی، داروسازی، کارخانجات شیر و لبنیات، کشتارگاه ها، سردخانه ها، بیمارستان ها، اتاق های تمیز و استریل مورد استفاده قرار می گیرند.

انواع کفپوش های اپوکسی

- کفپوش های ترافیکی اپوکسی که در ضخامت های متفاوت بر اساس نوع و میزان تردد قابل اجرا خواهند بود.
- کفپوش های اپوکسی آنتی استاتیک: این نوع کفپوش بر روی شبکه ای مسی در کف اجرا شده، میزان رسانایی را افزایش می دهد. از کفپوش های اپوکسی آنتی استاتیک در محل سرور ها سالن های تولید و مونتاژ قطعات الکترونیک و ... استفاده می شود.

● کفپوش های اپوکسی ضد اسید: این رزین ها که با اصلاح فرمولاسیون و افزودنی های ویژه، دارای خواص ضد اسیدی بالایی بوده و در بسیاری از کارخانجات باطری سازی، آزمایشگاه ها و ... مورد استفاده قرار می گیرد.

مزایای اجرای کفپوش بدون درز

1. هنگام اجرا دارای بوی کمی بوده که به مرور زمان از بین می رود.
2. با جذب حداقلی آب، پوشش ضد آب مناسبی می باشد لذا به منظور جلوگیری از انتشار آلودگی های ناشی از نفوذ آب مورد استفاده قرار می گیرد.
3. با اجرا بر روی بتن خواصی نظیر مقاومت فشاری، کشش و خمش را در آن به میزان قابل توجهی بهبود می بخشد. برخی از انواع اپوکسی جهت ترک های بتون و آماده سازی آن جهت نصب بولت های تحت فشار و تنش بالا مورد استفاده قرار می گیرد.
4. به جهت مقاومت سایشی بالا به عنوان کفپوش مکان های پر تردد، کف واگن های مترو، انبار ها، پارکینگ ها و ... مورد استفاده قرار می گیرد.
5. عایق مناسبی در برابر جریان الکتریسیته می باشد.
6. قابلیت ترمیم در کوتاهترین زمان را دارد.
7. قابلیت خط کشی و طراحی.
8. زیبایی نهایی و صرفه اقتصادی این کفپوش از دیگر مزایای این کفپوش ها می باشند.

توصیه های مهم در اجرای کفپوش های اپوکسی

1. لازم است قبل از اجرا سطوح از هرگونه چربی، اجزای سست و لغزنده پاک شده خشک شود.
2. کفپوش در زمانی اجرا شود که دمای محیط بین 5 تا 45 درجه سانتی گراد باشد.
3. قبل از مخلوط نمودن روکش و هاردنر لازم است روکش به مدت حدود 2 دقیقه میکس شود.
4. پس از اجرا می توان تجهیزات را توسط تینر اپوکسی شستشو داد.
5. در هنگام اجرا لازم است حتما از دستکش صنعتی و ماسک استفاده شود.
6. پس از مخلوط نمودن مواد حداکثر تا یک ساعت باید پوشش بر روی کف اجرا شود.

میکروسیلیس چیست ؟ کاربرد آن در بتن

۱.۱ میکروسیلیس چیست؟

میکروسیلیس ماده ای با واکنش پذیری بالاست که در مقادیر نسبتا کم برای افزایش خواص بتن بکارمی رود. این ماده محصول جانبی تولیدات فلزات خاص در کوره های قوس الکتریکی است. این مقاله به تعریف و نحوه تولید میکروسیلیس می پردازد.

تعریف میکروسیلیس

موسسه بتن آمریکا (ACI) میکروسیلیس را به عنوان سیلیس غیربلوری بسیارریز تولیدی در کوره های قوس الکتریکی که محصول جانبی تولید آلیاژهای سیلیسیم یا سیلیسیم فلزی است، تعریف می کند (ACI116R). میکروسیلیس پودری خاکستری رنگ، تا حدی شبیه سیمان پرتلند یا خاکسترهای بادی است. شکل ۱.۱ میکروسیلیس متداول را نشان می دهد. به نظر میرسد این میکروسیلیس پس از خارج شدن از کوره نشان داده شده باشد.

معمولا میکروسیلیس در رده مواد مکمل سیمانی رده بندی میشود. این اصطلاح به موادی اطلاق می شود که همراه سیمان پرتلند در بتن مصرف می شوند. این مواد خواص زیر را از خود نشان می دهند: پوزولانی. مواد دارای این خاصیت هنگامی که با آب مخلوط می شوند، مقاومت کسب نمی کنند. میکروسیلیس و خاکستربادی کم کلسیم از جمله این موادند که میکروسیلیس باید با ملزومات مشخصات فنی استاندارد میکروسیلیس مصرفی در مخلوط سیمانی ASTM C 1240 و خاکستربادی کم کلسیم باید با ملزومات مشخصات فنی استاندارد خاکستر ذغال سنگ و پوزالان های طبیعی خام و کلسینه شده رده F مصرفی در بتن ACTM C 618 مطابق باشد.

سیمانی، مواد داری این خاصیت هنگامی که با آب مخلوط میشوند، مقاومت کسب می کنند. سرباره کوره آهن گدازی آسیاب شده و خاکستربادی پرکلسیم از جمله این موادند که سرباره کوره آهن گدازی آسیاب شده باید با ملزومات مشخصات فنی استاندارد سرباره کوره آهن گدازی آسیاب شده مصرفی در بتن و ملات ها ASTM C 989، و خاکستربادی پرکلسیم باید با ملزومات خاکستربادی رده C یعنی ASTM C 618 مطابق باشد.پوزولانی و سیمانی. ترکیبی از هر دو خاصیت بالا. برخی از خاکسترهای بادی از جمله این موادند. میکروسیلیس را به نامهای دیگری نیز می شناسند. در این راهنما اصطلاح میکروسیلیس طبق تعریف موسسه بتن آمریکا به کار برده شده است. سایر نامهای میکروسیلیس عبارتند از:

میکروسیلیس چگال شده

دوده سیلیس

میکروسیلیس تبخیر شده

مواد دیگری نیز وجود دارند که از نظر فیزیکی و شیمیایی کاملا شبیه میکروسیلیس اند. این مواد ممکن است محصول جانبی یا محصول اصلی یک کارخانه باشند. برخی از این مواد را میتوان در بتن بکار برد، اما معمولا قیمت آنها از این نوع کاربرد ممانعت می کند.

سیلیس ته نشین شده

سیلیس بخارشده

ژل سیلیس

ژل کلوئیدی

گرد سیلیس و خاک سیلیس. سیلیس بلوری اند اما مانند میکروسیلیس در بتن کاربرد ندارند.

۲.۱ تولید

میکروسیلیس محصول جانبی تولید فلز سیلیسیم یا آلیاژهای فروسیلیسیم در گدازه خانه های کوره های قوس الکتریکی است. این فلزات در بسیاری از صنایع از قبیل تولید آلومینیوم و آهن، ساخت چیپ ها کامپیوتری، و تولید سیلیسیم ها که بطور گسترده در روغن ها و درزگیرها مصرف میشوند، کاربرد دارند. اگرچه این مواد بسیار مفیدند، اما کاربرد محصول جانبی میکروسیلیس بیشتر در صنعت بتن است.شکل یک گدازه خانه را پیش از آنکه میکروسیلیس متصاعد شده از آن برای مصرف در بتن و سایر کاربردها جمع آوری شود، نشان می دهد. دودی که از کارخانه خارج میشود، همان میکروسیلیس است. امروزه در ایالات متحده آمریکا اجازه داده نمیشود که هیچ میکروسیلیسی در جو آزاد شودطرح شماتیک تولید میکروسیلیس در شکل **۳.۱** و طرح شماتیک گدازه خانه در شکل **۴.۱** نشان داده شده است. میکروسیلیس در فیلترخانه های کیسه ای بسیار بزرگ جمع آوری شده و سپس بطور مستقیم یا پس از فرآوری های بیشتر که در مقالات بعدی در وب سایت کلینیک بتن ایرانشرح داده خواهد شد برای مصرف در بتن توزیع می شود.

خواص میکروسیلیس و واکنشها در بتن

میکروسیلیس بر خواص بتن تازه و سخت شده اثر میگذارد. اینن تاثیرات از خواص فیزیکی و شیمیایی میکروسیلیس ناشی میشوند. این بخش به خواص و چگونگی اثر میکروسیلیس بر بهبود بتن تازه و سخت شده می پردازد.

۱.۲ خواص شیمیایی

خواص شیمیایی میکروسیلیس در جدول **۱.۲** نشان داده شده است.

در ادامه هریک از این خواص شرح داده خواهند شد. توجه کنید که خواص شیمیایی اصلی میکروسیلیس در مشخصات فنی آن که در مقالاتکلینیک بتن ایران شرح داده خواهد شد ذکر شده است.

آمورف. این اصطلاح به زبان ساده بدین معنی است که میکروسیلیس یک ماده بلوری نیست. مواد بلورین در بتن حل نمیشوند. کلیه مواد قبل از واکنش دادن باید حل شوند. فراموش نکنید که یک ماده بلوری در بتن وجود دارد که از نظر شیمیایی مانند میکروسیلیس است. این ماده ماسه میباشد. اگرچه ماسه در اصل سیلیسیم دی اکسید (SiO_2) است، اما بدلیل ماهیت بلوری اش واکنش نمیدهد. سیلیسیم دی اکسید (SiO_2). یک ترکیب واکنش پذیر در میکروسیلیس است. چگونگی واکنش میکروسیلیس در بتن در بخش **۳.۲** شرح داده شده است.

جدول **۱.۲**

خواص شیمیایی میکروسیلیس

آمورف

سیلیسم دی اکسید **%۸۵**<

عناصر کمیاب بسته به نوع دوده

عناصر کمیاب .ممکن است مواد دیگری نیز در میکروسیلیس وجود داشته باشند که این امر به دوده باقی مانده از فلز تولید شده در گدازه خانه بستگی دارد. معمولا این مواد تاثیری بر عملکرد میکروسیلیس در بتن ندارند. مشخصات فنی استاندارد محدودیت هایی را برای برخی از مواد که در این رده هستند مشخص کرده اند. این محدودیت ها در مقلات وب سایت شرح داده شده اند.

۲.۲ خواص فیزیکی

خواص شیمیایی میکروسیلیس در جدول **۲.۲** نشان داده شده است.

هر یک از این خواص در ادامه شرح داده خواهند شد. توجه کنید که خواص فیزیکی اصلی میکروسیلیس در مشخصات فنی آن که در مقالات کلینیک بتن ایران شرح داده خواهد شد ذکر شده است.

اندازه ذره. ذرات میکروسیلیس بی نهایت کوچک اند. بطوریکه بیش از **۹۵** درصد ذرات از $\mu m1$ (یک میکرومتر) کوچکترند. اندازه ذرات اهمیت بسزایی در مشارکت فیزیکی و شیمیایی میکروسیلیس در بتن دارد. (چنانچه در ادامه شرح داده خواهد شد) عکس دانه های سیمان پرتلند و ذرات میکروسیلیس در شکل **۱.۲** نشان داده شده است.

چگالی انبوهی. اصطلاح دیگری برای وزن مخصوص است. چگالی انبوهی میکروسیلیس به فلزی که در کوره ساخته میشود و چگونگی طرز کار کوره بستگی دارد. از آنجا که معمولا چگالی انبوهی میکروسیلیس پس از تولید بسیار پایین است، این ماده برای حمل در مسافت های طولانی مناسب نیست. برای اطلاع از شکل های مختلف تولید میکروسیلیس به بخش مقالات وب سایت کلینیک بتن ایران رجوع کنید.

جدول **۲.۲**

خواص فیزیکی میکروسیلیس

اندازه ذره) متداول $\mu m\ 1$< : (

چگالی انبوهی:

)پس از تولید) : **۱۳۰** تا **۳۴۳۰** kg/m

)چگال شده **۴۸۰** : (تا **۲۷۲۰** kg/m

چگالی ویژه **۲/۲** :

سطح ویژه **۱۵.۰۰۰** : تا 30.000 kg/m۲

چگالی ویژه .یک عدد نسبی است که نسبت میکروسیلیس به آب (که چگالی ویژه آن ۱/۰۰است) را بیان میکند. این عدد در نسبت بندی بتن که در مقالات بعدی در وب سایت کلینیک بتن ایران شرح داده میشود، کاربرد دارد. چگالی ویژه میکروسیلیس حدود ۲/۲ است که تا حدی از سیمان پرتلند (که چگالی ویژه آن ۳/۱۵ است) سبکتر می باشد. بنابراین اضافه کردن میکروسیلیس به بتن، چگالی بتن را افزایش نمی دهد.

سطح ویژه .سطح ویژه عبارت از کل سطح جانبی جرم معینی از یک ماده است. از آنجا که ذرات میکروسیلیس بسیار کوچک اند، سطح ویژه آنها بسیار زیاد است. می دانیم هرچه ذرات ماسه کوچکتر باشند، به میزان آب بیشتری نیاز دارند، چنین موردی برای میکروسیلیس نیز صادق است و به همین دلیل است که هنگام مصرف میکروسیلیس در بتن از ترکیب آب با یک ماده افزودنی کاهنده یا فوق روان کننده استفاده میشود. سطح جانبی میکروسیلیس را باید با آزمایش ویژه ای به نام» روش «BET یا» روش جذب نیتروژن «تعیین کرد. سطح جانبی که بر اساس روش الک یا نفوذپذیری هوا تعیین می شود، برای میکروسیلیس بی معنی است.

روش تست غیر مخرب و ارزیابی غیر مخرب، بررسی غیر مخرب (NDT، NDE،NDI)

در مقایسه با تست های مخرب، NDTروش تشخیص بدون وارد کردن آسیب، تنش یا خرابی در آزمایش است. معمولا در آزمایش خراب کردن یک جسم هزینه زیادی صرف می شود و همچنین در عین حال در بسیاری اوضاع نا مناسب است.

NDTبازیگر یک نقش مهم در تضمین هزینه موثر عملیات ایمنی و قابلیت اطمینان از کارخانه با استفاده از نتیجه گیری در انجمن است NDT .در اندازه های بزرگ از فضا های صنعتی قابل استفاده است و در تقریبا هر مرحله در تولید یا سیکل عمر بسیاری از اجزا ی مورد استفاده است. کاربرد اصلی ان در جو زمین، تولید نیروی قوی، قطعات خودرو، راه آهن، پتروشیمی و بازار های خط لوله است NDT .بیشترین استفاده کاربردی را در جوشکاری دارد. آن در جوشکاری یا قالب یک ماده یا شیی جامد خیلی سخت گیر است، برای آن که هیچگونه ریسکی در انجام ندادن وظیفه اش، همچنین در آزمایش ساخت و تولید و هنگام استفاده در اغلب موارد ضروری ندارد NDT.اصلی فقط برای ایمنی عملی است. علت این است که امروزه هزینه های زیادی را برای حفظ شیوه هایی که در آن از کیفیت فرآیند اطمینان حاصل می شود قبول کرده اند. مایه تاسف است که NDT بی حرکت مانده و در خیلی فضا هایی که وابسته به حیات انسان یا بوم شناسی است نمی تواند استفاده شود زیرا برای این ها خطر ناک است. شاید در کم بودن هزینه پرداختی کمی برتری داشته باشد. از ادعا های پی در پی که از حوادث ناشی از بکار گیری NDT می شود، این یک شکل از مدیریت ریسک غیر قابل قبول است. حادثه بدی شبیه به حادثه راه آهن در Eschede آلمان در سال ۱۹۹۸ فقط یک نمونه از این قبیل است، خیلی نمونه های دیگر نیز از این قبیل وجود دارند.

برای انجام دادن تست NDT این خیلی مهم است که شرح دهیم کدام باید مورد قبول باشد و کدام را باید رد کنیم. یک تولید کاملا بی عیب تقریبا شدنی نیست، به این دلیل مشخصات آزمایش ها ضروری هستند. امروزه تعداد زیادی از استاندارد ها و تنظیمات قابل قبول وجود دارد. آنها توصیف حدود بین وضعیت های خوب وبد هستند، به استثنا ی اغلب اوقاتی که روش های مخصوص NDT مورد استفاده است.قابل اطمینان بودن یک روشNDT، پی آمدی بسیار ضروری است، اما یکی از روش های مقایسه قابل توجه است، اگر به برخی از وظیفه های آن مراجعه شود.هر روش NDT دارای مجموعه ای از فواید و ضرر ها است و از این رو برخی از آنها بهتر از دیگری برای یک کاربرد خاص هستند. توسط استفاده از عیبدار کردن مصنوعی، ابتدا حساسیت یک آزمایش سیستم را مشخص می کنند. اگر حساسیت آن کم باشد آزمایش شی دارای ضعف است و مورد تایید همیشگی نیست. اگر که همچنین حساسیت ان بالا باشد، اجزایی با عیوب کوچک رد شده اند، که انها تمایل دارند باشند اگر در قابلیت استفاده مجدد اجزاء اهمیت داشته باشند. با روش های آماری این ممکن است که از یک میدان مشکوک چشم پوشی کردروش هایی از قبیل احتمال کشف (POD) یا روش (ROC) عملیات وابسته به خصوصیات مثال هایی از تحلیل استاتیکی روش ها هستند. همچنین صورتی از خطاهای انسانی وجود دارد که ما را در محاسبه نمودن هنگامی که قابلیت اطمینان کلی را تعیین می کنیم، متحیر می سازند.مهارت فنی کارکنان نیز صورت مهمی از ارزیابی غیر مخرب می باشد NDT .روش های فنی سخت اعتماد کردن در مهارت های انسانی و شناسایی برای تعیین کردن ارزیابی و تفسیری از نتایج آزمایش است. اموزش درست و مناسب و مورد تایید کارکنان

NDTبرای آن است که یک ضرورتی در تضمین کردن مقدورات روش های کاملا استثمار شده هستند. در انجا یک تعداد از انتشارات بین المللی است و شامل استاندارد های منطقه ای در تائید کردن صلاحیت کارکنان می باشد. در EN473 اصول کلی صلاحیت و تایید کارکنان (NDT) اتحادیه اروپا رشد یافتگی بخصوصی دارد برای این که با SNT-TC-1A آمریکا برابری کند. بیشتر از ۹ روش مشترک NDT مهم در زیر نشان داده شده اند که از مرجع گرفته شده اند.

در استفاده های زیادی که از آنها داریم، عبارتند از:

UT, RT, AE, ECT, ET -بعلاوه روش های اصلیNDT ، روش های فنی دیگر آن قابل استفاده اند. ازقبیل ترسیم تصویر لیزری، امواج کوچک الکترومغناطیسی و خیلی بیشتر از آن و روش های جدید تغییرات بوجود آمده دایمی و پیشرفته.

کاربرد ها و محدودیت های NDT

.1روش مایع نافذ(Liquid penetrant) :

کاربرد ها:

در مواد پر منفذ استفاده می شود.

می تواند در جوشکاری، لوله سلزی، جوشکاری برنج، ریخته گری، ورق کاری، فورج و قسمت های آلمینیومی پره های توربین و دیسک و چرخ دنده ها کاربرد داشته باشد.

محدودیت ها:

- نیاز درستی به تست سطح دارد.
- بیشتر سطوح شکننده را معیوب می سازد.
- برای تست سطح امکان دارد نیاز به پیش پاک سازی و تمیز کردن آلودگی ها داشته باشیم.
- خطر بخار شدن وجود دارد.
- عیوب کم عمق و خیلی سفت به سختی پیدا می شوند.
- عمق درز ها (عیوب) نشان داده نمی شود.

.2ذرات آهن ربایی(Magnetic particle):

کاربرد ها:

- مواد فرو مغناطیسی
- درز های (عیوب) سطوح بزرگ و کوچک می تواند نشان داده شود.
- می تواند در جوش کاری ها، لوله کشی گاز، میله ها، ریخته گری ها، ورق کاری ها، فورج، اکستروزن، قطعات موتور، شافت ها و چرخ دنده ها کاربرد داشته باشد.

محدودیت ها:

- پیدا کردن عیوب، محدود به میدان توانایی و رهبری است.
- نیاز به تمیز کاری و سطوح نسبتا صاف دارد.
- به مقداری لوازم نصبی نگهداری شده (جانبی) برای تعدادی از شیوه های مغناطیس کننده نیاز دارد.
- توانایی آزمایش قطعات به مغناطیس زدایی نیاز دارد که می تواند برای برخی اشکال سخت باشد.
- عمق عیوب نمی تواند مشخص شود.

.3جریان مخالف(Eddy current):

کاربرد ها:

- فلزات، الیاز ها و رسانا های الکتریکی.

- مواد طبقه بندی شده.
- درز های سطوح بزرگ و کوچک می تواند نشان داده شود.
- در لوله کشی گاز، سیم، گیره ها، ریل ها، روکش های غیر فلزی، اجزا ی الکتریکی هواپیما، پره های توربین، دیسک ها و شافت های انتقال دهنده نیرو در خودرو استفاده می شود.

محدودیت ها:

- پراب (میله بازرسی) مخصوصی نیاز دارد.
- بایستی پراب روبروی قطعه بسته شود، هرچند که محل تماسی ندارد.
- نفوذ کمی دارد (به طور مثال ۵ میلی متر)
- به علت متغییر ها ی پارامتری کنترل نشده، نشانه های معیوبی دارد.

4.ما فوق صوت(Ultrasonics):

کاربرد ها:

- فلزات، غیر فلزات و کامپوزیت ها.
- درزهای زیر سطحی کوچک سطوح می توانند کشف شوند.
- در جوشکاری، لوله کشی گاز، مفصل ها، ریخته گری ها، ورق کاری ها، فورج محور ها، اجزاء بنیادی بتن، لوله ها یا مجراهای سنگین، هواپیما و قطعات موتور می تواند بکار رود.
- در تعیین ضخامت و خواص مکانیکی استفاده می شود.
- نظارت تعمیراتی بر خوردگی ها و خرابی ها دارد.

محدودیت ها:

- معمولا محل تماس آن مستقیم یا با واسطه است. (مانند تست غوطه وری)
- پرآب های مخصوصی برای کاربرد ها مورد نیاز است.
- حساسیت محدودی توسط فرکانس بکار رفته دارد و مقدار مواد علت قابل توجه پراکندگی ان است.
- پراکندگی توسط آزمایش ساختار فلز می تواند دلیلی بر معیوب بودن نشانه ها شود.
- کاربرد ان در خیلی از مواد اسان نیست.

5.پرتو نگاری نوترون(Radiography neutron):

کاربرد ها:

فلزات، غیر فلزات، کامپوزیت ها و فلزات الیازی

در مواد آتش زا، رزین ها، پلاستیک ها، مواد الی، ساختار های لانه زنبوری، مواد رادیو اکتیو، مواد با چگالی الی و فلزات حاوی هیدروژن کار ایی دارد.

محدودیت ها:

- دستیابی برای قرار دادن نمونه آزمایش در میان منبع و کشف کننده
- اندازه قسمت ساکن دستگاه منبع نوترون (راکتور) برای منبع نیرو های معقول خیلی بزرگ است.
- موازی قرار می گیرد، صاف می کند یا در غیر اینصورت تغییر دادن پرتو دشوار است.
- اتفاقات تشعشعی
- بیشتر شکاف ها می توانند جهت یابی موازی در پرتو افکندن برای کشف داشته باشند.
- کاهش حساسیت با افزایش ضخامت.

6.رادیو گرافی اشعه(Radiography x-ray) :

کاربرد ها:

فلزات، غیر فلزات، کامپوزیت ها و فلزات الیاژی

در همه اشکال و صورت ها استفاده می شود:ریخته گری، جوشکاری، سوار کردن های الکترونیکی، جو زمین، وسایل دریایی و قطعات اتومبیل.

محدودیت ها:

- نیاز به دست یابی به هر دو طرف در آزمایش قطعه
- ولتاژ، اندازه نقطه وابستگی و زمان بحرانی اشکار
- اتفاقات تشعشعی
- بیشتر شکافها می توانند جهت یابی موازی در پرتو افکندن برای کشف داشته باشند.
- کاهش حساسیت با افزایش ضخامت.

7.پرتو نگاری گاما(Radiography gamma):

کاربرد ها:

- معمولا در مواد کلفت و یا متراکم استفاده می شود.
- در همه اشکال و صورت ها استفاده می شود:ریخته گری، جوشکاری، سوار کردن های الکترونیکی، جو زمین، وسایل دریایی و قطعات اتومبیل.
- هر جا که ضخامت زیاد است یا دسترسی به مولد های تولید اشعه x محدود است استفاده می شود.

محدودیت ها:

- اتفاقات تشعشعی
- بیشتر شکاف ها می توانند جهت یابی موازی در پرتو افکندن برای کشف داشته باشند.
- کاهش حساسیت با افزایش ضخامت.
- نیاز به دستیابی به هر دو طرف در آزمایش قطعه.
- حساسیت اشعه x راندارد.

آزمایش پل

بار افزایشی روی پل های بزرگ راه بواسطه افزایش پیدا کردن ترافیک وسایل نقلیه سنگین، سالخوردگی و مشکلاتی با دوام ساختاری را به انسداد ترافیک با تعقیب کردن خسارات سخت اقتصادی ممکن است که رهبری بکنند. وسایل ارزیابی شرط موثر و قابل اعتماد یک قسمتی مهم از سعی های در حال پیشرفت برای ارزیابی کردن و نگهداری کردن ساختارهای پل هستند. در کشور های زیادی در دنیا پل ها و سازه های بتونی به طور عادی حداقل هر دو سال یک بار معاینه شده اند. بیشتر بازرسی های خارج، بصری انجام شده اند، بنابراین خسارات تنها موقعی شناخته شده اند که وخامت قابل رویت باشد. در المان فاصله یک تست ساده می بایستی، خارج هر ۳ سال و یک بازرسی هر ۶ سال بر طبق Din1076 انجام داده شده باشد. هر ساله پل های زیادی در جهان فرو می ریزند و این فقط نا مرغوب بودن یا عقب افتادگی کشور ها نیست. خیلی از مردم زندگی خودشان را در مصیبت های تازه در آگوست ۲۰۰۷ در Minneapolis و در سپتامبر ۲۰۰۶ در کانادا از دست دادند.یک گروه آموزشی جدید از بررسی صنعت حمل و نقل دریافتند که ۲۷٪ از خانواده پل ها دارای ساختار معیوبی هستند. ایالات متحده حدود ۶۰۰/۰۰۰ پل دارد که ۱۷/۰۰۰ ان رسیدگی شده اند. حدود ۱۵۰۰ تا در بین سالهای ۱۹۶۶ تا ۲۰۰۵ متلاشی شدند، بر طبق Jean-louis briaudبیشتر پل های قدیمی از خستگی، برخورد با کشتی یا طراحی اشتباه متلاشی شده اند.

تست غیر مخرب می تواند ابزار موثری در بازرسی و تشخیص وضعیت حساسیت هایی از یک پل باشد.
این می تواند آگاهی از غیر ممکن را تامین کند که بتوان نتیجه گیری از مشاهدات صرفا دیداری (بصری) نمود. جذری از هر دو روش های بصیری و بازرسی غیر مخرب می تواند راه حلی برای تشخیص وضعیت کلی پل و مدیریت ان باشد. برخی آزمایش های ساده غیر مخرب از قبیل صدا ی چکش، آزمایش برگشت چکش، رنگ نفوذ کننده و آزمایش ذرات مغناطیسی می تواند به اسانی در مجتمع بازرسی بصیری قرار گیرند.نتیجه یک بازرسی خوب، بهتر شدن پرونده اطلاعاتی پل و توصیه های بنیادی قرار شده از لحاظ فنی خیلی بیشتری را برای بازرسی و نگهداری بیشتر حق تقدم خواهد داد و خیلی قدر دانی های دیگر از باقی ماندن زندگی های افراد. بار اول یک نمایش کامل شرایط پل روی هم رفته معلوم کرده شده است. تصمیمات مناسب و با صرفه در ارتباط با مرمت یا جایگزینی ممکن از عضو های پل یا ساختاری کامل می تواند درست کرده شود.پیشرفتهای اخیر در فنون NDT ویژگی های کارکردی ان را از بسیاری از روش های NDT بهبود داده اند و قابل اعتماد بودن به سستم را رهبری کرده اند.افزایش استفاده پیدا شده از روش های NDE به چندین عامل از قبیل توانایی سیستم ها برای با دقت شناسایی کردن میدانی که بدتر شده، قابلیت حمل و نقل و استفاده آسان تر از سیستم های بازرسی کننده بستگی خواهد داشت. بازرسی های بنیادی اولیه و کلی توسط NDE به اتمام رسیده است.پلها تقریبا در صدها نوع متفاوت ساخته می شوند و همچنین از مواد مختلف زیادی در پشتیبانی اجزای استفاده می کنند. اما همه انها در یک روش NDT مورد استفاده نیستند. برای برخی ها میکروموج یا رادار نافذ زمین می تواند برای عرشه های بتن ارمه مورد استفاده قرار گیرد اما برای آزمایش کردن جوش اعضای فولادی مناسب نیست. هم انجا موارد بسیاری هستند که تحقیق بیشتر را برای درست کردن روش های NDT مناسب احتیاج دارند.مقداری از گزارش های کاربرد روش های NDT برای آزمایش پل مکررا اعلام شده است. چندین روش قابل دسترسی هستند یا اینکه در دست تحقیق هستند ویا برای بازرسی بیشتر مورد استفاده هستند تا نیازشان را نشان دهند.

آنها عبارتند از:

•آزمایش انعکاس ضربه برای شناخت ماهیت بتن
•انعکاس ضربه برای معلوم کردن کلفتی بتن
•نشت شار مغناطیسی برای شناسایی کردن خوردگی در رشته ها و بار ها در ساختار های کشیده شده در بتن
•روش تشدید هسته ای مغناطیسی، که می تواند محل حضور اب را معلوم کند. این تعیین توزیع سوراخ و اندازه سوراخ مثل درمان کردن بتن فعال می شود.
•تکنولوژی های تصویر سازی مادون قرمز برای پیدا کردن عیب ها در قسمت های بتنی پل ها.
•استاندارد ASTM و E837 برای معلوم کردن استرس های واقع در محل طبیعی خرد شدن عضو های ساختار فولادی.
•مبدل ها را برای ضبط کردن کشیدگی های القا شده فشار بیاورید.
•نگاشت بلقوه ساده ترین فن الکتروشیمیایی استفاده شده برای بدست اوردن اطلاعات خوردگی جایگاه است. این فن به طور کیفی روی دیسک، خوردگی تقویت ساختار های بتن آرمه را به اطلاع می رساند. سطح شکستگی و یا لایه لایه شدگی می تواند به یک منطقه قابل توجه تبدیل شود و یا اینکه در همان محل باقی بماند.
•پخش صوتی نظارت کردن، یک نقش خیلی موثر را در افزایش دادن ایمنی می تواند اجرا کند. متقاعد کردن به قابلیت دسترسی و در حال ساده کردن هزینه های مرمت و تعمیر پل ها.
•یک کاربرد پذیرفته شده و خوب در GPR ارزیابی دقیق پل است که بخوبی ساختار های بتن آرمه دیگر را ارایش می کند .
GPRتوانایی استفاده کردن بدون نیازمندی به پوشش اسفالت را دارد.
•آزمایش کردن فرا صوتی اجازه می دهد که تصوری از تدارک دیدن بار های تقویت شده عمودی داشته باشیم (مجرای زرد پی) UT •کسری ها را از روش رادار می تواند جبران کند.
•کاربرد های سر هم رادار، انعکاس ضربه و انعکاس فراصوتی برای ارزیابی ساختار های بتن پس از کشیده شدن است.

•آزمایش مایع بصیری که در باز بینی چشمی رنگ، شکستگی های مویی را می توان مشاهده کرد.
•فرا صوتی در حال آزمایش کردن جوش ها، عضو های فولادی پیچ ها و پرچ ها
•غواص ها اسکلت های زیر ابی بتن را معاینه می کنند که می باید توسط سایش صدمه دیده باشند.
•استقرایی ماگنت برای ارزیابی کابل ها و سیم ها استفاده شده است.
•تکنولوژی های لیزر اندازه گیر برای اندازه گیری مسافت بنیاد قرار داده شده، کاربردهای زیادی در زیر بنای شاهراه دارد. کاربردها برای این تکنولوژی، اندازه گرفتن انحرافات پل را زیر بارگیری مدرج (کالیبره) شامل می شود که رفتار ساختاری را ارزیابی می کند. شمردن تغییر شکل های دور از صفحه در تنیدگی نمایان در رگه های تیر اهن سازه ساخته شده چنانچه در ساختار های بزرگ مثل تکیه گاه ها باشد.
•سیستم های پل دیدبانی از حس گرهای حس کننده جریان گردابی یا پخش صوتی استفاده می کنند. عموما این ابزار ها وقف شده اند.
•سیستم های کسب داده های کنترل از راه دور که اطلاعات را روی رفتاری از یک ساختار با زمان زیاد جمع بکند. سیستم های شناسایی پخش های صوتی، صداهای صادر شده از ماده های شامل خرپاهای بتن و کابلهای فولادی در یک پل رامی توان ارزیابی کرد. شکافها می توانند ماهها قبل شناخته شوند قبل از اینکه روی سطح پدیدار شوند.
•روش های ترموگرافی برای ارزیابی کردن پلهای مرکب و تعمیر آن ها
•هر دو آزمایش فراصوتی و عکس رادیویی سابقا، پل های فولادی را در طی ساخت معاینه می کردند که کیفیت جوش را متقاعد بسازند.
•آزمایش فراصوتی دوتایی، یک ابزار بازرسی موثر می تواند باشد که می بایست در مکان پرتونگاری زیر شروط مطمئن استفاده شده باشد.
•اندازه سرعت فراصوتی می تواند بصورت یک ابزار کنترل کیفیت در طی سازه استفاده شود و همچنین آزمایش فراصوتی می تواند برای بازرسی ضمن خدمت پلهای شفته گرد واکنش پذیر، استفاده شود(RPC)
•مبدل های الکترو مغناطیسی صوتی، سیم های شکسته شده را در داخل یک رشته می تواند شناسایی کند.
•حس کننده خستگی الکتروشیمیایی می تواند در مشخص کردن عیوب مورد استفاده باشد اگر فعالانه بزرگ کردن شکاف های خستگی حاضر باشد. یک حس کننده EFS اول به محل حساس خستگی روی ساختار پل یا فلزی تقاضا داده شده است و سپس ان را به یک الکترولیت تزریق می کنند که نقطه یک ولتازکوچک تقاضا داده می شود تا یک الگوریتم به صورت خودکار، سطح فعالیت شکاف خستگی را در محل بازرسی نشان دهد.
•از هزاران رشته تکنولوژی حس کننده چشمی، یک تکنولوژی امید بخش برای تشکرات سلامت نظارت کردن بر سازه ها با مشخصه منحصر بفرد اندازه گیری کشیدگی و درجه حرارت توزیع شده در فیبرهای نوری بوسیله هزینه پایین است.
•اشعه ایکس، توموگرافی را برای تعیین تکثیر شکاف در بتن مورد استفاده قرار می دهد.
•اشعه ایکس، توموگرافی را برای تعیین در صد و توزیع نا معلوم در بتن به شمار می آورد.
•تحلیل فعال ساز جدیدتر و بیرنگ گاما برای تعیین شناسه های متمرکز و عمق کارید بتن
•فن اندازه گیری پراکندگی نوترون در ابپوشی سیمان مورد استفاده است.
•روش فرا صوتی برای اندازه گیری مستقیم قدرت بار اتصالات پیچ خورده بکار می رود این، یک فن ابتکاری برای اندازه گیری مستقیم استرس های واقعی پیچ است.
•سیستم اندازه گیری گیره ای رباتیک، این قابلیت را پیشنهاد می کند که مختصات فضایی نقاط جدا را در یک پل، بدون این که ساختاری را لمس بکند ان را اندازه گیری کند.

تکنولوژی باور نکردنی خارج انجاست که در نظارت کردن و تشخیص دادن مسائل را یاری کنند و تحقیق ادامه می یابد تا وقتی که تکنولوژی های جدید را توسعه دهند که زیر بنای پل ها را حفظ کنند.

پل های بزرگ نیاز بیشتری به یک بازرسی مقرر دارند. هنگامی که پل بزرگ را می گیرند، به آزمایش های بیشتری نیاز دارند.

چه چیزی ناپیداست؟ خبرها می گوید:

پول نقد کوتاه مدت و یک تعهد بلند مدت توسط دولت ها، برای سرمایه گذاری کردن در بیشتر تکنولوژی های جدید و نوآوری تحقیق است.

خوردگی ناشی از ترک مویی در چند لایه از فولاد می تواند صفحات را خم کند و یا میان بتن و فولاد خوردگی بوجود آورد. عیوب سطحی ممکن است که در بازرسی عادی نا معلوم باشند اما تست غیر مخرب فراصوتی می تواند از عیوب ناپیدا

تست غیر مخرب

فدراسیون اروپایی برای تست غیر مخرب

خلاصهEFNDT:

توصیف:

فدراسیون اروپایی برای آزمایش تست غیر مخرب در ماه مه ۱۹۹۸ در کوپنهاگن در هفتمین کنفرانس اروپایی برای تست غیر مخرب پایه گذاری شده بود. ۲۷ جامعه ملی NDT موافقت کردند که یک سازمان قوی را روی سطح اروپایی نصب کنند. عضویت کامل در جامعه های NDT ملی در هر کشور باز است.

به عضویت بپیوندید، دنیای وسیعی باز می شود. شما فرم کاربر را از زیر مجموعه های کلیدی پیدا خواهید کرد.

اهداف اصلی EFNDTعبارتند از:

•گروه های کار قوی برای توسعه دادن نتایجی که بایستی توضیح مسائل NDT را به سازمانهای صنعتی و عمومی بدهند.

•برای تاسیس کردن یک سیستم اروپایی صلاحیت کارکنان مد نظر است.

•پایه گواهی دادن به کارکنان استانداردهای ISO9712 و EN473 است که بوسیله عضوهای EFNDT بنیاد قرار داده می شود.

•صلاحیت و گواهی پایه اختیار قرار دادن در ردیف ISO17024 را با EN45013 دو جانبه تاسیس کردند.

در نصب کردن یک برنامه گواهی اروپایی علاوه بر EFNDTوجود دارد:

•یک کمک برای دسته بندی قدرت های NDT متفاوت در اروپا

•یک ترفیع کیفیت جمعی در NDT برای بهره برداری تمام اعضا EFNDT، کاربران NDT و جوامع پهن تر.

•یک نمایش کارایی برای قوی کردن اعتماد درNDT

•یک راهنما برای همکاری NDT عمومی در رابطه پایانی با فهمیدن آمریکایی، یک سیستم اروپایی صلاحیت کارکنان که بوسیله EFNDT معنی می دهد.

گواهی کارکنان در تست غیر مخرب

توصیف:

طرح PCN جهانی، یک طرح را برای کفایت گواهی کارکنان NDT شناخت. بطوریکه مقالات خواسته شده در استانداردهای اروپایی EN45013 و en473 و استاندارد بین المللی iso9712 قرارداده شده است.

طرح PCN در ۹۸، در پاسخ به در خواست صنعت بریتانیا توسعه داده شده بود که یک برنامه گواهی ملی را برای کفایت کارکنان NDT پیاده سازی بکنند.با هدف جایگزین کردن طرح های خاص با شعاع زیاد که در ان زمان وجود داشت، که اغلب این طرح ها گران و نا کار امد بودند همان روش NDT نتیجه داد.

تست غیر مخربNDT

تمرینات توصیه شدهSNT-TC-1A

خلاصهSNT-TC-1A :

توصیف:

در سال۱۹۶۸، جامعه امریکایی برای آزمایش غیر مخرب اولین تمرینات توصیه شده SNT-TC-1A را منتشر کرد. سند توسعه داده شده بود که رهنمود ها را برای کارفرمایان تهیه کند که برای نصب کردن برنامه های NDT خودشان سه سطح فهرست شده مرحله ای که دارای مراحل یک تا سه صلاحیت بودند را استفاده کنند. نام سند و تعداد کمیته های فنی که سند را توسعه داده بودند واقعیتی برای پایه قرار دادن ASNT در ان زمان بود.

از وقتی کهASNT ، SNT-TC-1Aرا منتشر کرد خیلی از کارفرمایان به اشتباه فکر کردند که کار کنان انها زیر نظر SNT-TC-1Aباید عهده دار وظایف باشند ASNT) تضمین شده (و در واقع انها طبق SNT-TC-1A تضمین شده اند. تنها کارکنانی که نشستند و امتحانات را پیگیری کردند و بوسیله ASNT کارشان را اداره کردند و گواهی ASNT دریافت کردند، امکان داشت که کارفرمایان از انها استفاده کنند.کارکنان بنیاد قرار داده شده، کار فرمایانی در سطح NDT هستند که دارای مرحله های دو و سه هستند و یا اینکه اغلب انها یکی از مراحل دو یا سه را می توانند مکالمه کنند. اگر در سطح ۳ امتحان نشدند، انها را معمولا در ۲ گروه برای تشخیص دادن اینکه آیا گواهی را یاد گرفته اند یا نه فرا می خواندند.

بالاخره این یک ترم توهین آمیز نیست. همانگونه که قبل از ۸۸۱۹ منصوب کردن اجازه داده شده بود. هنوز کارکنانی در صنعت وجود دارند که در سطح ۳ بدون امتحان منصوب شده اند، زیرا در رهنمود های انتشارات SNT-TC-1A قبل از ۱۹۸۸ این اجازه داده شده بود. کارفرمایان امروز می توانند سطوح ۳ را مکالمه کنند یا اینکه گواهی ۳ را دریافت کنند. (این اطلاعات از یک بند ارزیابی مواد در سال ۲۰۰۵ گرفته شده است).

خوردگی بتن مسلح در برابر آب دریا

موارد مهم خوردگی سازه های بتنی شامل موارد زیر است:

1- تهاجم شیمیایی سولفات ها

2- تهاجم فیزیکی نمک ها

3- تفاوت ساز و کار خرابی این دو تهاجم

4- دانش و ساز و کار تاثیر این دو خرابی برای درک پتانسیل تاثیر آنها بر عملکرد سازه ها

5- خرابی متاثر از انجماد و ذوب

6- خرابی حاصل از واکنش شیمیایی سنگ های سیلیسی و کربناتی

7- خرابی ناشی از قرار گرفتن در معرض مواد شیمیایی

8- خرابی در اثر، سایش و فرسایش خوردگی فلزات درون بتن

9- روش های تعمیرات برای ارتفاع سیستم های محافظتی پوششی برای دوام سازه های بتنی

به دلیل پیچیدگی تاثیرات محیط بر سازه ها و عکس العمل های وارد شده، برخی بر این باورند که برای به دست آوردن عملکرد واقعی، تنها اصلاح خصوصیات مصالح، پاسخگو نیست و باید اجزای معماری، طراحی سازه، فرایند اجرایی، روش های ارزیابی و سیستم نگهداری، تعمیرات و پیش گیری نیز اصلاح شودتمام کسانی که به نحوی در به تولید و مصرف سازه های بتنی در گیرند، باید حداقل دانش از مهمترین فرایندهای خرابی و پارامترهای حاکم بر آن داشته باشند. در موارد خاص، چنین دانشی به شخص کمک می کند تا توانایی تصمیم گیری صحیح در زمان درست را داشته باشد.برخورد ظاهری به سازه به منظور طراحی عمر مفید، یک روش قابل اعتماد نیست. مدل سازی ساده مهندسی ارائه شده، زمینه ی نظری حاصل از تجربه عملی درخصوص فرایندهای خرابی عوامل حاکم بر سازه است که امکان همگونی با سازو کار رفتارهای پیچیده در علم مصالح، تاثیرات حرارت، و اصول اساسی تاثیرگذار بر دوام سازه است.همانطور که مشهود است، جریان انتقال مشترک رطوبت و مواد شیمیایی، حرارت در جرم بتن و ارتباط با محیط اطراف (آب و

هوای میکروبی)، و پارامترهای کنترل کننده این سازو کار انتقال، به عنوان اصول اساسی دوام ترسیم شده اند.حضور آب یا رطوبت تنها و مهمترین عامل کنترل کننده انواع خرابی ها بجز خرابی شیمیایی است. انتقال اب در درون بتن توسط نوع خلل و فرج، اندازه و طرز انتشار آنها تعیین می شود.در عوض، نوع و نرخ فرایند خرابی بتن (فیزیکی، شیمیایی، و زیستی) در سازه های مسلح یا سازه های پیش تنیده، خوردگی تعیین کننده استقامت، سختی مصالح، بخش ها و اجزاء سازنده سازه است. همچنین شرایط سطوح سازه باتوجه به ایمنی، کاربری و نمای سازه و تاثیر گذاری آنها تعیین می شود و به طور کلی عملکرد سازه را تعیین می کند.
در حقیقت، آنچه در عمل اطمینان بخش است همانا رضایت از عملکرد سازه در یک گستره زمانی مناسب است که یک سازه مناسب را می توان در طول عمر مفید طراحی یا یک سازه نامناسب را با تعمیرات و نگهداری لازم در همان طول عمر مناسب مورد بهره برداری قرار داد.

ساز و کار انتقال در بتن

شرایط قابل ملاحظه

تقریباً در تمام فرایندهای فیزیکی و شیمیایی تاثیر گذار بر دوام، ساختار بتن دو عامل موثر و مهم است :

1- گازها و سازوکار انتقال در درون خلل و فرج (منافذ)

2- املاح محلول در آب

در اینجا انتقال گارها و آب و املاح مضر محلول در آب و سازوکار چسبندگی مورد نظر است. نرخ، گستره و تاثیر انتقال و سازوکار چسبندگی به شکل چشمگیری به ساختار خلل و فرج و آب و هوای میکرونی سطوح بتنی بستگی دارد. در این ارتباط انواع، اندازه و تناسب انتشار خلل و فرج در ساختار خلل و فرج موثر است.ساختار خلل و فرج و پر شدن آنها از آب، شاخصی تعیین کننده و مرتبط با نفوذپذیری است و اهمیت زیادی دارد و کنترل کننده نفوذ گازها و مواد محلول در آب به درون بتن است. به علاوه، نرخ فرایند انتقال به طور چشمگیری به سازوکار انتقال بستگی دارد. در جایی که سازوکار چسبندگی شیمیایی مطرح باشد ترکیبات شیمیایی سیمان و خواص سنگدانه ها اهمیت دارد. تمامی سازوکارهای انتقال، اساساً تابعی از ساختار خلل و فرج اند و با همان فرایند تعیین می شوند.

ساختار منافذ بتن

علاوه بر شرایط آب و هوایی میکرونی، نفوذپذیری عامل موثر و تعیین کننده ای در ساختار خلل و فرج سیمان است. در ارتباط با خصوصیات ساختار خلل و فرج انتقال مواد به درون مصالح متخلخل، دو عامل مهم وجود دارد :

تخلخل نسبی

مقدار منافذ انتشار یافته

تخلخل نسبی

تخلخل نسبی یعنی منافذی که به یکدیگر متصل اند، به طوری که انتقال مایعات و گازها و املاح محلول در آن امکان پذیر باشد. در ضمن تخلخل نسبی به حداکثر مقدار آب قابل برگشت بستگی دارد، که در محدوده خمیر سیمان حدود 20 تا 30 درصد است.

مقدار منافذ انتشار یافته

به طور مشخص تاثیر نوع و نرخ سازوکار انتقال مربوط به آب، سازوکار چسبندگی است. اندازه های منافذ در خمیر سیمان که بزرگی و تنوع طبقه ها را مطرح می کند، بر طبق منابع، پیدایش و ویژگی منافذ عبارت اند از :

منافذ تحکیمی

منافذ حباب هوا

منافذ مویینه

منافذ ژلی

که معمولا به صورت زیر تقسیم بندی می شوند:

منافذ میکروسکوپی
منافذ مویینه
منافذ ریز اما قابل رویت
دو نوع آخر در ارتباط با دوام بتن است.
معمولاً، دوام بتن در برابر مواد شیمیایی و فیزیکی به شکل چشمگیری با افزایش مقدار منافذ مویینه کاهش می یابد.
سازوکار انتقال
منافذ درون بتن با اندازه های بزرگ احاطه شده با هوا از هوا پر می شوندو نسبت به رطوبت محیط از رطوبت نیز پر می شوند. سطوح داخلی این منافذ با یک فیام نازک از آب، از طریق جذب سطحی پوشیده شده اند.فرایند انتقال هر نوع گاز، آب، یا مواد و املاک محلول در آب، برمبنای فرایند انتشار در شرایط محیطی مرطوب صورت می گیرد.فرایند انتشار، تمایل به تعادل در اختلاف غلظت است. نیروی غالب بر انتشار، همان اختلاف غلظت(فشار اسمزی) است.انتشار گاز دیوکسید کربن به داخل بتن، مربوط به واکنش شیمیایی $CO2$ است که روی دیوار و منافذ داخل بتن توسعه می یابد و باعث کاهش غلظت درون منافذ می شود. در صورت خوردگی فلزات درون بتن شرایط برای نفوذ اکسیژن صادق است.انتشار آب یا بخار آب از سطح به درون بتن و برعکس، نسبت به شرایط جوی محیط اطراف تغییر می کند و باعث می شود که حالت تر و خشک شدن بتن اتفاق بیفتد.
انتشار املاح محلول در آب (مثلاً کلرور) در لایه فیلم آبی که روی سطح منافذ بتن به وجود می آید، اتفاق می افتد و یا اینکه با پر شدن منافذ از آب اتفاق می افتد. در صورت کاهش ضخامت لایه فیلم آب کاهش می یابد و در واقع روی سطح دیواره ی منافذ درون بتن، نرخ انتشار املاح محلول در آب به طور چشمگیری با کاهش مقدار رطوبت درون بتن کاهش می یابد.

شرایط محیط اطراف

در شرایطی که سازه به طور مداوم در آب غوطه ور باشد مقدار آب، در شرایط نامطلوب به داخل آن انتقال یابد. نفوذ آب در وهله اول توسط کشش مویینه، که به کمک فشار ستون آب نیز تسریع می شود، صورت می گیرد.
ادامه انتقال آب فقط زمانی انجام می شود مه تبخیر آب از سطحی که در مجاورت هوا قرار دارد صورت پذیرد. میزان این انتقال به تبخیر و کشش منافذ مویینه بستگی دارد.
کشش منافذ مویینه
فشار نیروی هیدروستاتیک آب
همراه با آب، مواد محلول در آب (کربنات، کلرور، سلفور و غیره) به درون بتن انتقال می یابند. این املاح در داخل بتن پس از تبخیر آب باقی می مانند و غلظت چشمگیری از خود به جای می گذارند. شوره زدگی نیز به همین مربوط است. مواد حل شده در آب پس از بلوری شدن بر روی سطح باقی می مانند.نیروهای انبساطی مربوط به بلوری شدن نمک ها در بتن نزدیک به سطح زمین و بتن فقط سبب مشکلاتی از نظر نمای ظاهری می شوند، ولی تاثیرات واکنش شیمیایی نسبت به غلظت موثر مواد مضر بسیار با اهمیت است. در دیگر مصالح متخلخل مانند سنگ های مرمر و غیره، پوسته پوسته شدن توسط بلوری شدن نمک ها، خرابی های جدی به وجود می آورد، از جمله مجسمه ها، یادبودها و غیره، که در معرض محیط مضر قرار می گیرند.
فرایند فیزیکی و ترک خوردگی
درخصوص دلایل ترک خوردگی به موارد زیر می توان اشاره کرد :
حرکات داخل بتن
انبساط مصالح مدفون داخل بتن
عوامل بیرونی
جمع شدگی پلاستیک و ته نشینی پلاستیکی
ترک خوردگی بر اثر بارگذاری مستقیم

ترک خوردگی در اثر تغییر شکل وارد شده
ترک خوردگی در طول میلگردها
عوامل موثر در پدید آمدن دلایل بالا عبارت اند از :
جرئیات سازه ای
جزئیات میلگردها
ترکیبات شیمیایی بتن
اجرا و عمل آوری
یخبندان و مواد یخ زدا
نقطه اشباع و تاثیر حباب هوای داده شده
تاثیر مواد یخ زدا
تاثیر مصالح سنگی
عوامل موثر در پدید آمدن موارد بالا عبارت اند از :
ترکیبات شیمیایی بتن
شرایط محیطی
سنین بتن
فرسایش و کهنگی
ساز و کار خرابی
فرسایش ناشی از سایش
فرسایش ناشی از حفره ای شدن
عوامل موثر در پدید آمدن آن مورد زیر است :
ترکیبات شیمیایی بتن
فرایند شیمیایی
تهاجم شیمیایی بر بتن
دوام سازه بتنی اغلب با نرخی که بتن توسط واکنش تجزیه می شود، سنجیده می شود. مواد مهاجم (یون ها و مولکول ها) که اساساً از محیط اطراف به داخل انتقال یافته اند، با مواد درون بتن واکنش شیمیایی انجام می دهند. اگر مواد مهاجم در درون بتن باشد، این مواد باید به سوی مواد واکنش دهنده بتن انتقال یابد تا واکنش شیمیایی انجام پذیرد. اگر انتقالی انجام نشود واکنشی به وجود نخواهد آمد.پیش شرط نرخ انجام واکنش های شیمیایی در درون بتن که حضور آب به هر شکلی (مایع یا گاز) الزامی است و اهمیت فراوانی دارد.معمولاً، واکنش بین مواد مهاجم و مواد واکنش دهنده، به محض رسیدن به هم، انجام می پذیرد. اغلب به دلیل آهنگ ملایم انتقال مواد مهاجم درون بتن و مواد انتقال یافته به داخل بتن، این واکنش ها چندین سال طول می کشد تا تاثیر سوء خود را نشان دهد. بنابراین قابلیت در دسترس قرار گرفتن مواد واکنش زا توسط مواد مهاجم، قدم تعیین کننده ای در تعیین نرخ واکنش با مواد مهاجم است.آهنگ افزایش دما اساساً تاثیرگذار در آهنگ انتقال (حرارت بالا سبب تحرک بیشتر یون ها و ملکول ها) است. نسبت به نوع واکنش نفوذپذیری بتن سالم با غیر فعال بودن لایه دارای مواد واکنش زا تعیین می شود. شدت واکنش شیمیایی، که به کاهش کیفیت بتن منجر می شود، با میزان نفوذپذیری بتنارتباط مستقیم دارد.

در عمل مهمترین واکنش ها عبارت اند از:

واکنش اسیدها، نمک های آمونیاک، نمک های منیزیم و آب شیرین (سبک)، با بتن

واکنش سولفات ها با آلومینات درون بتن
واکنش قلیایی های سیمان با سنگدانه های واکنش زا در بتن
واکنش شیمیایی درون بتن، افزایش احتمال خوردگی میلگردها را به همراه دارد که با واکنش بین اجزای، کلسیم آهک آزاد می کند و به کربناسیون بتن منجر می شود.

حمله اسیدها

عمل اسیدها (به عنوان مواد مهاجم) بر بتن سخت شده (به عنوان مواد واکنش زا) کم و بیش چیزی جز تبدیل تمام اجزای کلسیم نیست : هیدروکسید کلسیم، هیدرو سیلیکات کلسیم و هیدرات آلومینات کلسیم، به نمک های اسید مهاجم.
عمل اسید کلریدریک سبب تبدیل آن به کلرور کلسیم (که بسیار در آب محلول است) می شود.
عمل اسید سولفوریک سبب تبدیل آن به سولفات کلسیم، که به صورت گچ است، می شود.
عمل اسید نیتریک سبب تبدیل آن به نیترات کلسیم، که به سادگی در آب حل می شود، است.
عملکرد با اسیدهای آلی نیز به همین صورت است :
عمل اسید لاکتیک سبب تبدیل آن به لاکتات کلسیم می شود.
عمل اسید استیک سبب تبدیل آن به استات کلسیم می شود.
نتیجه حاصل از تمام فرایندهای یاد شده سبب از دست دادن چسبندگی سیمان سخت شده است.
آهنگ خرابی واکنش شیمیایی اسیدهای مختلف بر بتن، با مهاجم تر بودن حمله اسیدها نیست، بلکه به ساختار نمکی بستگی دارد، زیرا هر چه محلول بودن این نمک کمتر باشد تاثیرگذاری آن کمتر خواهد بود.
اگر نمک کلسیم حاصل در آب کمتر محلول باشد، آنگاه آهنگ واکنش تعیین کننده و مهم است، یعنی همان آهنگ حل شدن نمک کلسیم در آب.

دوام بتن

تمامی فرایندهای تحقیقات علمی با ساده سازی آنها همراه است. زمانی که با یک ساختار یا پدیده پیچیده روبه رو می شویم باید به طور دلخواه سیستم موجود را به اجزای ساده تر طبقه بندی کنیم تا تک تک آنها مورد مطالعه و بررسی قرار گیرند و مدیریت مناسب تری اعمال شود.از نظر علمی، این روش کار قابل قبول است، اما نتایج حاصل ارزش محدود خاصی را دارد، مگر اینکه تمامی دیگر جوانب مربوط به پدیده را در نظر بگیریم و مورد مطالعه قرار دهیم. ضمناً سعی در به کارگیری دیگر اطلاعات موجود در بررسی انجام شود.پیش از این باید سیستم های پیچیده را به روش مفهوم تمامیت پدیده بررسی کنیم و دانش تجربی را با دانش علمی مکمل یکدیگر قرار دهیم. در عوض، در بیشتر اوقات در مطالعات یک بخش از سیستم پیچیده داده ها را مثل اینکه به تمام مجموعه کلی مربوط است بررسی می کنیم. سپس در زمان شبیه سازی نتایج، به ندرت دانش مربوط به تجربه را مورد بررسی قرار می دهیم.
پایه دانشی که فقط از روش علمی تجزیه ای سرچشمه گرفته است کمبودی جدی به همراه دارد که باید اصلاح شود،زیرا علم پایه ای را برای استواری تکنولوژی به وجود می آورد. برای مثال چگونه می توان انتظار داشت که سازه بتنی با دوام است. اگر در توسعه ای به روش های آزمایش و مشخصات استاندارد به نظریه های علمی و شبیه سازهای ناکافی و نامناسب اکتفا کرده ایم، برای به تصویر کشیدن این موضوع، نظریه های رایج پذیرفته شده را بررسی می کنیم، طوری که نظریه های علت خرابی بتن از جمله : تهاجم سولفات ها، واکنش قلیایی سنگدانه های سیلیسی، خوردگی میلگردها، انجماد، و ذوب هستند.

تهاجم سولفات

بسیاری از سازه های بتنی که در معرض شرایط محیطی تهاجم سولفات قرار داشته اند، مورد بررسی قرار گرفته اند، اما یک نظریه متحد جهانی قابل قبول بر مقوله انبساط بتن مربوط به اترنگایت خمیر سیمان وجود ندارد. در میان انبوه نظرات، دو نظریه وجود دارد که یکی از آنها فشار رشد بلورهای حاصل از شکل گیری اترنگایت را مطرح می کند. نظریه دیگر فشار حاصل از انبساط بلور اترنگایت را پس از جذب سطحی آب بیان می کند.

اثبات این نظریات با بررسی خرابی ساختاری در عمل بسیار مشکل است، زیرا مشاهده فرایندهایی است که فقط آسیب هایی را از خود باقی می گذارند و هیچ اثری از دلایل و سبب حاصل از آسیب ها مشخص نمی شود.پیشنهاد شده است که آسیب بتن ناشی از بلوری شدن سولفات سدیم یک مثال پدیده فشار رشد بلوری است. البته اثبات برعکس، فاز تغییر بین تناردایت ($Na2SO4$) و هیبرابی لایت ($Na2SO4.10H20$) یک پدیده انبساط است. در موارد زیادی هیچ ربطی به شکل گیری اترنگایت و تهاجم سولفات بر خمیر سیمان ندارد.تمایل اترنگایت به جذب سطحی آب که اغلب سبب افت سریع اسلامپ در بتن تازه اختلاط می باشد در تکنولوژی بتن پدیده شناخته شده ای است. در بتن سخت شده، شکل گیری اترنگایت و در نتیجه جذب سطحی آب سبب فشار زیادی می شود که انبساط و ترک خوردگی را به همراه دارد. بخصوص وقتی که همزمان با آن خمیر سیمان به دلیل تهاجم سولفات یا از دست دادن مقاومت مواجه باشد.مشاهدات کارگاهی موضوع از دست دادن چسبندگی و مقاومت بتنرا که در دراز مدت در معرض تهاجم سولفات قرار گرفته است، تایید می کند.نکته مهم دیگر از مشاهدات خرابی بتن در نتیجه تهاجم شیمیایی فقط بتن نفوذپذیری در محیطی مربوط امکان پذیر است.اگر بتن سازه ای از ابتدا نفوذپذیری نباشد، در طول کاربرد خود می تواند به دلایل بسیاری به خاطر ترک خوردگی میکرونی چنین شود.اینطور به نظر می رسد که پدیده انبساط شیمیایی اتفاق نمی افتد تا اینکه بتن با نفوذ آب به داخل آن با درجه بالایی اشباع شده باشد.همچنین شواهد نشان می دهد که تهاجم سولفات، تنها دلیل آسیب به بتن نیست.
شواهد کربناسیون (مربوط به $CaCO3$) و یا واکنش قلیایی سیلیسی اغلب با خرابی حاصل از تهاجم سولفات همراه است. در اینجا باید ذکر شود که هر دو واکنش قلیایی سیلیسی و کربناسیون خمیر سیمان تمایل به تسریع تهاجم سولفات دارند، زیرا باعث کاهش قلیاییت خمیر سیمان و بنابراین کاهش چسبندگی و مقاومت می شوند.

واکنش قلیایی سیلیسی

واکنش شیمیایی بین یک نوع مشخص سیلیس فعال موجود در ذرات سنگدانه و یک سیمان با قلیاییت بالا سبب تولید یک نوع ژل سیلیسی قابل انبساط می شود که می تواند با جذب سطحی آب سبب انبساط چشمگیری شود. مانند تهاجم سولفات وقتی واکنش قلیایی سیلیسی باعث آسیب رسانی به بتن سازه می شود، معمولاً دلیل خرابی دیگری نیز همراه آن وجود دارد.
برای مثال، طبق گزارشات حاصل از تحقیقات اینطور به نظر می رسد که واکنش قلیایی سیلیسی باعث آسیب تراورس های بتنی یش ساخته در کشورهای استرالیا، فنلاند، افریقای جنوبی، کانادا، امریکا و بسیاری از کشورهایی دیگر شده است، اما مطمئناً خرابی های ناشی از دوره های انجماد و ذوب کمک به انبساط مرتبط به واکنش قلیایی سیلیسی کرده است.یکی از محققان این موضوع که تجربه بسیاری درباره مشکلات دوام بتن سازه های بتنی در سراسر جهان دارد، اخیراً مشاهدات خود را در واکنش قلیایی سیلیسی و تهاجم سولفات بدین گونه بیان کرده است :مطالعه خرابی بتن مربوط به تهاجم سولفات، فساد تدریجی غیر متناسب کربناسیون و افت مقاومت خمیر سیماناست، در حالی که در سنگدانه ها هیچ گونه تاثیری نشان نمی دهد. در چنین شرایطی تاثیر تهاجمی خردشدگی بتن از طرف سطح به داخل تبله شدن، و نهایتاً کاهش حجمی جرم بتن است.واکنش قلیایی سیلیسی زیان آور در عمل، به طور شیمیایی در خمیر سیمان بدون تاثیر است، اما ذرات سنگدانه واکنش نشان داده از داخل شکسته و تجزیه شده است. این سازوکار انبساط داخلی را سبب می شود. با وجود این، برای هر دو نوع تهاجم شیمیایی، در آزمایشگاه روش های آزمایش انبساط خطی منشور ملات (غیر مسلح) به کار برده می شود.نتایج حاصل از تحقیقات گزارش داده شده (شامل واکنش قلیایی سیلیسی در سازه های بتن مسلح شده) نشان دهنده آن است که این واکنش سبب زیان های چشمگیری از نظر مقاومت های مکانیکی نمی شود. در واقع داده های حاصل از انبساط منشورهای ملاتی (غیر مسلح) کمترین یا هیچ ربطی به شرایط سرویس دهی واقعی و یا پیش بینی عمر مفید ندارد. اهمیت این موضوع در فصل دهم به طور کامل تشریح شده است.

خوردگی میلگرد فولادی

سازوکار خوردگی الکتروشیمیایی فولاد و شبیه سازی نمونه برای پیش بینی انبساط و ترک خوردگی بتن حاصل از خوردگی فولاد درون بتن نشان دهنده تاثیر نفوذ آب، اکسیژن، دی اکسید کربن و یون های کلرید فقط بر لایه خنثی موجود روی فولاد است. این موضوع تاثیر نفوذ یون ها بر مقاومت و ثبات مواد حاصل از هیدراسیون سیمان از جمله C-S-H و CH را مدنظر قرار نمی دهد.

از آنجا که C-S-H منبع اصلی مقاومت خمیر سیمان و ثبات C-S-H نسبت به تسلیم یون های OH در محلول درون خلل و فرج است، تاثیر جایگزینی (OH) توسط یون های اسیدی از جمله کربنات سولفات و کلرید بر مقاومت و مدول کشسانی بتن در نظر گرفته شده است.سازوکار عمل انبساط و ترک خوردگی در اینجا نشان دهنده تاثیر شکل گیری محصول انبساطی بر روی فشار هیدرولیکی داخل خلل و فرج یک سیستم اشباع از آب است. برای مثال، در تحقیقات خوردگی فولاد حاصل از صدمه فولاد درون بتن در یکی از پل ها مشاهدات صدمات به کناره های پل محدود به ترک خوردگی میکرونی در برابر دوره های ترک و خشک شدن و سرد و گرم شدن روزانه، اجتناب ناپذیر بوده است.آسیب های وارد شده به بتن سازه در اثر خوردگی حاصل از فولاد در سازه های تحقیق شده نیز ترک های میکرونی در بتن حاصل از پدیده های دیگر بجز خوردگی فولاد نقش اصلی در افزایش شروع و پیشرفت صدمات مربوط به خوردگی فولاد داشته است

شبیه سازی چگونگی خرابی بتن

مرور جامع از فرایند خرابی بتن در شبیه سازی تمامیت، ارائه شده است. شبیه سازی تمامیت تاثیر هر دو دانش و حقایق علمیو دانش تجربی را درباره شاخص های زیست محیطی بر روی هر یک از اجزای بتن از جمله آب درون خلل و فرج، مورد ملاحظه قرار می دهد.

تاثیر عوامل زیست محیطی در دو مرحله بررسی شده است. در مرحله نخست تاثیر بارگذاری و هوازدگی (دوره های تر شدن و خیس شدن به همان اندازه سرد شدن و گرم شدن) کمک به توسعه و انتشار ترک های میکرونی، تا زمانی که به هم متصل شوند، می کند. به محض اینکه این اتفاق افتاد، نفوذپذیری بتن به اندازه زیاد افزایش می یابد و مرحله دوم شروع می شود. در این مرحله آب، اکسیژن و گاز کربنیک (CO_2) و یون های اسیدی به آسانی به درون بتن نفوذ می کنند.وجود این اجزا از یک سو به واکنش های متقابل شیمیایی و فیزیکی متعددی کمک می کند و حاصل آن از دست دادن بخشی از مقاومت و سختی بتن است از سوی دیگر فشار هیدرولیکی مایع درون خلل و فرج افزایش می یابد. تحت این دو فرایند همزمان مصالح ترک خورده تبله می کند و جرم خود را از دست می دهد.باتوجه به فرایند ساخت بتن که مرحله اول دفاع در برابر املاح مضر است، دیگر نیازی به میلگردهای پوشش داده شده از لایه اپوکسی نیست و می توان از سیمان تیپ پنج برای محافظت در برابر تهاجم سولفات و یا سیمان کم قلیایی یا سنگ دانه غیرفعال برای محافظت از واکنش قلیایی و انبساط حاصل از این واکنش استفاده کرد.

خرابی حاصل از تهاجم سولفات شامل مراحل زیر است :

1- تبدیل هیدروکسید کلسیم حاصل از هیدراسیون در اثر ترکیب با سولفات کلسیم و بلوری شدن این مواد در نتیجه انبساط آن به وجود آمدن اختلال.

2- آبدار شدن آلومینات و تبدیل فرایت به کلسیم سولفو- آلومینات و سولفو- فرایت. محصولات این واکنش ها از هیدرات های اولیه اصلی جای بیشتری را پر می کند و شکل گیری آنها باعث انبساط و اختلال می شود.

3- در تجزیه سیلیکات کلسیم آبدار شده با حضور سولفات کلسیم، تنها واکنش (2) اتفاق می افتد، اما با وجود سولفات سدیم هر دو واکنش (1) و (2) ممکن است انجام شود.

با وجود سولفات منیزیم تمام سه نوع (1) و (2) و (3) اتفاق می افتد. دلیلش این است که تمام سولفات ها یک نوع عملکرد ندارند و نه تنها تغلیظ یون ها اهمیت دارد بلکه نوع کاتیون ها نیز مهم است. نمک های سولفات که به بتن حمله می کنند یا در میان خاک یا به صورت انبوه در خاک بیابان پر کننده یا در آب مخلوط اند.

تهاجم آب خالص (Softwater)

خرابی ناشی از نشت اجزای بتن توسط آب دارای اسید کربنیک و یا دارای سختی کم کربناتی است. آب خیلی خالص با محلول بسیار کم کلسیم در آن آب با سختی کم به طور موقت، موجب تهاجم بتن سخت شده می شود. این نوع آب ممکن است گاهی اوقات دارای دیوکسید کربن مضر باشد و در صورت حل کنندگی آب افزایش می یابد. سازوکار عمل این است که هیدروکسید کلسیم درون بتن را در خود حل می کند و از آن خارج می شود. یون های محلول از سیلیکات آبدار شده خارج می شود. بنابراین سبب تجزیه بتن

سخت شده می شود.در صورتی که بتن متراکم باشد عملکرد سطحی خواهد بود و بتن سطح خورده می شود و ظاهری سنگی باقی می گذارد. سنگ دانه های بزرگ شن ها بیرون می زند و مشخص می شود که حجم زیادی از بتن بدون تاثیر باقی می ماند.
اگر بتن نفوذ پذیر باشد تهاجم این نوع آب عمر مفید آن را کاهش می دهد. این نوع تهاجم بسیار جدی برای لایه های نازک پوشش دهنده از جمله : پوشش کانال های آب، لوله های بتنی، و ملات روی لوله های فلزی است.

روش ها و ابزار ترمیم، بهسازی، مقاوم سازی و حفاظت

بسیاری سازمان ها، واحدها، موسسات و شرکت ها از بخش های مختلف در این صنعت فعال هستند و هر بخشی از صنایع که در صنعت بتن و صنعت ترمیم، بهسازی، مقاو سازی و حفاظت فعالیت می کند به طریقی می تواند به رونق این صنعت کمک کند. بعضی از آنها عبارت اند از :

شرکت هایی که خدمات حرفه ای ارائه می دهند، مانند جامعه مهندسان معمار، مهندسان طراح، و محاسب، مهندسان ارزیابی سازه های موجود، آزمایشگاه ها که خدمات کارگاهی برای مقوم کردن سازه ها انجام می دهند، شرکت های بیمه که کاربرد مشخصات فنی را با سیستم های حرفه ای ترمیم ارزیابی و بررسی می کنند، تولید کنندگان و توزیع کنندگان مواد مصالح که تیم فنی آنها ارائه دهنده مشخصات فنی برای بخش تعمیرات و خدمات تخصصی، حرفه ای ، پشتیبانی به مهندسان پیمانکار برای کاربرد و نصب به آنها کمک می کنند، و نهایتاً پیمانکاران که همگرایی طراحی، مشخصات فنی، مواد ، مصالح، توسط نیروی انسانی، وسایل و ماشین آلات را در بخش تعمیرات ، بهسازی و مقاوم سازی به کار گرفته همگرایی و هم افزایی می آفرینند.

روش های نوین ترمیم سطوح زیرکار

ترمیم سطوح بتنی آسیب دیده می تواند عملکرد مناسب کل سازه را دوباره به سازه برگرداند. حفاظت سطوح ترمیم شده خود نیز سبب محافظت از بتن زیر آن و هسته اصلی بتنی سازه، فلزات میلگردبندی، و پوشش بتنی میلگردها از محیط مضر می شود. همچنین کاهش عملکرد مورد نیاز برای دوام در برابر سایش، آب بندی و کاهش نفوذپذیری و افزایش مقاومت در برابر نیروهای زلزله، انفجار و آتش سوزی است. شروع هر نوع عملیات ترمیمی، بهسازی و مقاوم سازی ابتدا نیاز به آماده کردن سطوح بتنی زیر کار دارد که ممکن است نیاز به کنده کاری توسط وسایل مکانیکی، با قلم و چکش، وسایل بادی، آب پاشی، بتن پاشی، ماسه پاشی، و تخریب یا پیشگیری یا به کارگیری مواد شیمیایی باشد. روش ها و سیستم های آماده سازی سطوح بتنی مورد نیاز به تعمیرات، بهسازی و یا مقاوم سازی شامل؛ روش های ترمیم دوباره سازی سطوح بتنی، زیر سازی بتنی، شکل دهی، ملات های پایه سیمانی اجرا به وسیله دست، ترمیم بتن جایدهی شده در کارگاه، بتن پاشی که بعضی اوقات سطح وسیعی از سازه نیاز به تخریب و جایگزینی دارد.

روش های ترمیم حفاظت

روش های حفاظتی برای افزایش دوام و طول عمر خدماتی سازه توسط حفاظت از تهاجم شرایط محیط مضر مبتنی بر ملزومات طراحی. سیستم های بسیار زیادی در دسترس هستند که به شکل های مختلف مانند پوشش دهنده ها، علایق کننده ها، ورق های محافظ، روکش ها، حفاظت کاتدی، و پوشش دهنده های رویه سطح به کار می روند.

روش های ترمیم آب بند کاری

تمام پیشروی های خرابی ها و سازوکار خرابی توسط آب و نفوذ آن است.

روش های آب بندی و جلوگیری کننده از نفوذ آب و انتشار آب به درون سازه از طریق ترک ها، درزها، و نقصان های واتر استاپ ها به درون سازه است که می توان از پوشش آب بندی پلیمری یا الاستومری استفاده نمود که می توان آن را در بخش محصولات وب سایت کلینیک بتن ایران و در قسمت محصولات آب بندی رویت کردسیستم هایی طراحی شده اند که شامل جایگزینی، درزگیری، ورق های آب بندکننده، تزریق گروت درون درزها، اضافه کردن افزودنی ها به بتن، اندودکاری و غیره اند.

روش های ترمیم مقاوم کردن

فرایند افزایش ظرفیت به اعضا و یا کل سازه را مقاوم کردن می نامند. روش های این فرایند مانند اضافه کردن فلزات، پیش تنیده، پس تنیده، جا دادن الیاف مختلف، سیستم کامپوزیت های الیافی، بتن های ویژه و یا اضافه کردن مواد نوین به مانند گروت ها و

ترمیم کننده های اپوکسی و الیاف frp و رزین های اپوکسی جهت مقاوم سازی به سازه های موجود برای افزایش مقاومت و ظرفیت سازه مورد نظر است

عمر بتن و نگهداری بتن

عموما عمرمفید سازه بتنی به سرعت خوردگی میلگردهای تقویت کننده و سرعت تخریب مستقیم بتن وابسته است. خوردگی آرماتورها معمولا در اثر نفوذ یون کلراید و دی اکسید کربن اتفاق می‌افتد. آسیبهای مکانیکی، فیزیکی و شیمیایی منجر به تخریب مستقیم بتن می‌گردد. عوامل اصلی آسیب بتن عبارتند از وجود آب اضافی در ترکیب بتن، طرح اختلاط نامناسب، استفاده از سیمان یا سنگدانه‌های آلوده و بی کیفیت، استفاده از آب آلوده، ویبراسیون نامناسب، کیورینگ ناکافی، طراحی نامناسب درزهای انبساط و اجرایی، پوشش بتنی ناکافی بر روی آرماتورها، کرمو شدگی، سیکلهای یخ و ذوب، بارگذاری بیش از ظرفیت، قرارگیری در معرض اسید، حملات سولفاتی، واکنشهای قلیایی سنگدانه ها و...در این شرایط آزمایش های غیر مخرب بتن بسیار مفید خواهند بود،به عنوان مثال برای تشخیص خوردگی میلگرد ها در بتن از دستگاه اسکن آرماتور استفاده می شود که این دستگاه در مجموعه کلینیک بتن ایران موجود می باشد و در جهت تشخیص عمق های ترک در بتن و تعیین مقاومت بتن جهت هرگونه اقدام مقاوم سازی پیشنهاد می گردد از دستگاه التراسونیک استفاده گردد،در این باره اگر سوالی برا شما مطرح گردید با واحد خدمات آزمایشگاهی کلینیک بتن ایران تماس حاصل فرمایید.

⁎آزمایش های غیر مخرب بتن

این عوامل منجر به آسیبهایی چون ترک خوردگی، سایش و فرسایش، تخریب سولفاتی، کاویتاسیون، خوردگی آرماتورها، کربناسیون، جداشدگی لایه‌ها، شوره زدگی، نشتی و... در بتن می‌شوند.جهت محافظت از بتن در برابر خورندگی های خاک پیشنهاد می شود از لایه های پایه قیری یا از پوشش های امولوسیونی پایه قیری استفاده شود.در مکان های حساس نیز پوشش های پلیمری که ضد اشعه خورشید می باشد برای مخزن بیشتر مورد مصرف قرار می گیرد.عمر مفید این نوع پوشش ها 25 سال تخمین شده است،پلیمر های پلی یورتان یا اورتان به رنگ های مختلف نسبت به مکان ها مورد بررسی و قابل انتخاب می باشند.

مشخصات فیزیکی و شیمیایی

قطر سوراخ به mm	۴۰	۵۰	۶۰
نوع ماده تخریب شونده	فاصله بین دو سوراخ mm		
بتن مسلح	۳۰	۵۰	۶۰
بتن غیر مسلح	۴۰	۷۰	۱۰۰
سنگ های سخت	۳۰	۴۰	۶۰
سنگ های نرم	۴۰	۸۰	۱۲۰

- بهترین قطر مته برای چال زدن ۴۰ یا ۵۰ میلی متر می باشد.
- برای تخریب کامل بهتر است عمق چاله ها بین ۸۰٪ تا ۹۰٪ ارتفاع سنگ یا بتن انتخاب شوند.
- درون چاله ها باید کاملا تمیز و عاری از خاک و رطوبت باشد.
- KATROCK به صورت کیسه های ۲۵ کیلوگرمی بسته بندی شده است و باید هر ۵ کیلوگرم با یک و یک سوم لیتر آب و در زمستان با ۱/۵ لیتر که دمای آن برحسب درجه حرارت محیط تنظیم می شود مخلوط نمود.

- در محیطی با دمای بین ۵ تا ۱۸ درجه سانتیگراد جهت مخلوط کردن آب ۲۵ تا ۳۵ درجه سانتیگراد و در دمای بالای ۱۸ درجه از آب سرد معمولی استفاده کرد.
- عمل اختلاط باید در سطل پلاستیکی پاکیزه صورت گیرد و تا جایی ادامه یابد که مخلوط حاصل کاملا همگن و عاری از حباب های هوا گردد.
- برای مخلوط کردن استفاده از عینک ایمنی و دستکش لاستیکی الزامی است.
- پس از مخلوط کردن کامل حداکثر به فاصله ۵ تا ۱۰ دقیقه ملات را باید در داخل چاله ها ریخت.
- چاله ها باید کاملا از ملات پر شوند.
- بهتر است روی چاله های پرشده را با گوه چوبی و یا تکه ای نایلون پوشانید تا از تابش مستقیم خورشید و ریزش باران به درون چاله ها جلوگیری به عمل آید.
- رعایت موارد ایمنی در تمامی مراحل الزامی است.
- زمان عملکرد تخریب کننده بستگی کامل به دمای محیط دارد و همچنین دمای محیط بالاتر باشد عکس العمل سریع تر انجام می گیرد و بالعکس در محیط های سرد و با درجه حرارت کم زمان عملکرد بالاتر می رود.
- لازم است که دمای مصرفی کاملا مناسب با درجه حرارت محیط انتخاب گردد.
- در جایی که لازم به قطعه بندی سنگ و استخراج آن از معدن داشته باشید می توانید از گوه چوبی برای ایجاد ترک ها با جهت دلخواه استفاده نمایید.
- KATROCK هر فصل فقط متناسب با هوای آن فصل باشد و همان موقع قابل استفاده می باشد. آب مصرفی جهت مخلوط باید تا حد امکان تمیز و با دمای مناسب باشد در هوای سرد جهت استفاده از تخریب کننده حتما باید از آب گرم بین ۲۵ تا ۳۰ درجه استفاده گردد. آب مصرفی باید از هرگونه مواد زاید شیمیایی عاری باشد تا موجب کاهش فعالیت تخریب کننده نگردد. برای مخلوط کردن اصولا استفاده از لوازم مکانیکی بهتر است ولی توسط مخلوط کن دستی می توان این عمل را انجام داد سطلی که جهت مخلوط به کار می رود بهتر است که پلاستیکی باشد آب مصرفی نیز باید تمیز بوده و حرارت آن در ماده تخریب کننده زمستانی ۲۵ الی ۳۰ درجه باشد مناسب ترین مقدار آب برای افزودن به ۵ کیلوگرم تخریب کننده تابستانی یک و یک سوم و در ماده زمستانی ۱/۵ لیتر می باشد چنانچه آب مصرفی برای درست کردن ملات به حداقل لازم برسد قدرت انبساطی تخریب کننده زیادتر و برعکس با زیادتر شدن آب مصرفی از حد لازم توان انبساطی آن کمتر می گردد لذا باید به درصد آب جهت مخلوط کردن تخریب کننده توجه نمود. به دلیل آنکه ممکن است تخریب کننده در مجاورت هوا توان شیمیایی خود را از دست بدهد بنابراین بهتر است در آخرین مرحله در یسه را باز نمود و فورا با آب مخلوط و ملات حاصله را آنقدر بهم زد تا مخلوطی کاملا همگن به وجود آید.
- جهت مخلوط کردن تخریب کننده در دمای ۰ تا ۱۸ درجه از آب بین ۲۵ تا ۳۰ درجه و در دمای ۱۸ درجه به بالا از آب معمولی و سرد باید استفاده نمود.
- خمیر تخریب کننده باید عرض ۵ تا ۱۰ دقیقه در چاله های کاملا پاک و تمیز و عاری از رطوبت ریخته شود اگر داخل چاله ها آب باشد باید خمیر را در داخل کیسه های نایلونی یا لوله های پلی اتیلن با ضخامت کم ریخته و در چاله ها جاسازی نمود چاله ها باید کاملا از خمیر تخریب کننده پر شوند تا بیشترین قدرت را برای تخریب دارا باشند. اگر دستورالعمل به درستی اجرا شود پس از ۵ تا ۶ ساعت برحسب درجه محیط تخریبی مطمئن خواهید داشت.
- تمامی محصولاتی که توسط شرکت کلینیک بتن ایران(مهندسین مشاور مهرازان پایدار) تولید و عرضه می گردند مطابق با استانداردهای کیفی بین المللی می باشند.

بسته بندی

KATROCK در کیسه های ۲۵ کیلوگرمی عرضه می شود و حداقل زمان انبارداری آن شش ماه می باشد.

انبارداری

KATROCK در محیط سرپوشیده و به دور از تابش آفتاب و بارندگی و دمای خشک و خنک نگهداری نمایید.

بتن انعطاف پذیر یا بتن ECC

بتن انعطاف پذیر نوعی بتن مسلح است که از بتن عادی ۴۰ درصد سبک‌تر و در برابر ترک خوردن ۵۰۰ بار مقاوم‌تر است. عملکرد این بتن جدید به دلیل وجود الیاف نازکی است که ۲ درصد حجم ملات بتن را تشکیل می‌دهد. بتن انعطاف پذیر از موادی ساخته شده که برای ایجاد حداکثر انعطاف‌پذیری طراحی شده است.

بتن انعطاف پذیر که کامپوزیت سیمانی مهندسی نامیده شده، به دلیل عمر طولانی‌تر در دراز مدت از بتن معمولی ارزان‌تر است. این در حالی است که بتن معمولی دارای مشکلات بسیاری از جمله نداشتن دوام و پایداری، شکست در اثر بارگذاری شدید و هزینه‌های تعمیر در اثر شکست است. بتن نشکن یا انعطاف‌پذیر به جز شن درشت از همان مواد تشکیل‌دهنده بتن معمولی ساخته شده است.

بتن انعطاف پذیر کاملاً شبیه بتن عادی است اما تحت کرنش‌های بسیار بزرگ، بتن کامپوزیت سیمانی، تغییر شکل می‌دهد. این قابلیت از آن جا ناشی می‌شود که در این نوع بتن، شبکه الیاف داخی سیمان، قابلیت لغزیدن داشته و در نتیجه انعطاف ناپذیری بتن که باعث تردی و شکنندگی است، از میان می‌رود.

خصوصیات بتن انعطاف پذیر

بتن استاندارد، مخلوطی متشکل از سیمان شسته، آب، شن و ماسه که یک محصول قوی و در عین حال شکننده را تولید می‌کند. این نوع بتن همواره مستعد به انواع ترک‌ها است. اضافه کردن الیاف مصنوعی به بتن انعطاف پذیر این مشکل را حل می‌کند و به بتن این امکان را می‌دهد که انعطاف پذیر و در مقابل تنش‌ها، قابلیت خم شدگی داشته باشد. محصول به دست آمده دارای خصوصیات زیر است.

بتن انعطاف پذیر مقاومت بالایی در مقابل ترمز و چرخش‌های ناگهانی خودرو دارد. این نوع بتن‌های تولید شده به سختی فلز بوده و تحت خمش حداقل دو بار مستحکم‌تر از بتن معمولی است.نیاز به تعمیر و نگهداری کمتری دارد و ضخامت و وزن ورقه‌های پیش ساخته آسفالت را کاهش می‌دهد. از این رو نصب و هماهنگ کردن قطعات را قادر می‌سازد.

این نوع بتن در پروژه‌های زیربنایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. و زمان لازم برای ساخت جاده‌ها و پیاده‌روهای جدید را به نصف میزان پیشین کاهش می‌دهد.

در مقایسه با بتن‌های فعلی، انعطاف پذیر، مقاوم تر و ماندگاری آنها بیشتر است. این در حالی است که بتن‌های معمولی شکننده و تحت فشار، شکسته می‌شوند.

از این نوآوری می‌توان برای ساخت قطعات باریک پیش ساخته به منظور سنگفرش کردن معابر و روکش جاده با نصب سریع استفاده کرد.

بتن‌های ConFlexPave به دلیل مقاومت بالا، نیازمند نگهداری کمتری هستند.همچنین این فناوری نه تنها در صنعت ساخت و ساز موجب کاهش نیروی کار می‌شود بلکه ایمنی کارگران را افزایش و زمان ساخت را کاهش می‌دهد.

با نصب قطعات بتن انعطاف پذیر در سطح سازی معابر داخل و خارج ساختمان نه تنها زمان اجرا کاهش پیدا می کند بلکه ضریب اصطکاک سطح در مقایسه با بتن معمولی کاهش قابل توجهی می یابد.

کامپوزیت سیمانی مهندسی

کامپوزیت سیمانی مهندسی یا همان (ECC)، کامپوزیتی بر پایه سیمان بوده و به آسانی با قالب می‌توان آن را به هر شکل دلخواه در آورد. و به وسیله الیاف تصادفی مخصوص کوتاه، معمولاً الیاف پلیمری، مسلح می‌شود. برخلاف بتن معمولی، کامپوزیت سیمانی مهندسی دارای ظرفیت کرنشی ۳ تا ۷ درصد است. بنابراین ECC بیشتر شبیه یک آهن شکل پذیر رفتار می‌کند تا یک شیشه ترد و شکننده (مانند OPCC)، که باعث بوجود آمدن کاربردهای فراوانی برای آن می‌شود.کامپوزیت سیمانی مهندسی بر خلاف

بتن‌های الیافی رایج، ماده‌ای است که به صورت میکرو مکانیکی طراحی می‌شود. یعنی اینکه بر هم کنش میان الیاف ECC و ماتریس به وسیلهٔ یک مدل میکرو مکانیکی توصیف می‌شود. ECC از لحاظ ظاهری شبیه به بتن بر پایه سیمان معمولی پرتلند است، جز اینکه شامل مصالح درشت دانه نمی‌شود و همچنین تحت کرنش می‌تواند تغییر شکل دهد (خم شود).
بتن‌های انعطاف پذیر ECC نوعی بتن الیافی فوق توانمند هستند که دارای مشخصه‌های مطلوبی نظیر مقاومت کششی، دوام بالا در برابر عوامل محیطی و مقاومت الکتریکی بالا و نیز برخی ویژگی های دیگر هستند. برای ساخت این بتن‌ها از الیاف پلی وینیل الکل (PVA) به مقدار حجمی ۲٪ استفاده می‌شود که این الیاف به دلیل دارا بودن مشخصه‌های مناسب نظیر مقاومت کششی و مدول الاستیسیته بالا موجب بهبود عملکرد خمشی بتن می‌شود.اگر چه هنوز مطالعات دراز مدت زیادی برای تایید عملکرد کامپوزیت سیمانی مورد نیاز است، مقایسه‌های انجام شده نشان می‌دهد که کامپوزیت سیمانی نسبت به بتن عادی ۳۷ درصد ارزان‌تر است، ۴۰ درصد انرژی کمتری مصرف می‌کند و باعث کاهش انتشار دی اکسید کربن تا ۳۹ درصد می‌شود.از نظر ظاهری نیز این ماده همانند بتن معمولی است ولی در کرنش‌های زیاد، به علت وجود شبکه‌ای از الیاف با پوشش ویژه، انعطاف پذیری حاصله، از تردی و شکست آن جلوگیری می‌کند.ECC علاوه بر تقویت بتن با الیافی که به عنوان لیگامان عمل کرده، استحکام بتن را فراهم می‌کنند. الیاف مورد استفاده، پلمیری از جنس پلی وینیل کلراید هستند. این الیاف دارای پوشش سطحی با ضخامت نانومتری برای تنظیم اتصال فصل مشترک بین الیاف و زمینه سیمانی است که به طور ویژه برای ECC طراحی شده است.

بتن مسلح به الیاف پلیمری

تاریخچه بتن مسلح به الیاف پلیمری

انواع مختلف الیاف پلیمری به منظور تقویت مواد با پایه سیمانی به کار گرفته شده است. بسیاری از این الیاف از قبیل پلی پروپلن، پلی اتیلن و پلی استر و اکریلیک نشان داده اند که به طور چشمگیری امکان تقویت را دارند و در حال حاضر به صورت تجاری در دسترس می باشند. انواع دیگر الیاف پلاستیکی از قبیل پلی آمیدهای با مقاومت بالا (نایلون)، الیاف آرامید و الیاف پلی اتیلن با مدول الاستیسیته بالا، کمتر مورد استفاده قرار می گیرد اما نباید نقش تجاری حال حاضر آنها برای تقویت ملات های با پایه سیمانی، ناچیز و بی اهمیت شمرده شود.

بتن مسلح به الیاف پلی پروپلین

در سال 1965 گروه مهندسین ارتش آمریکا الیاف پلی پروپلین را به عنوان تقویت کننده بتن در ساخت سازه های مقاوم در برابر انفجار به کار بردند. آنها دریافتند که اضافه کردن مقدار کمی از الیاف پلی پروپلین به بتن (کمتر از ٪0.5 حجمی) منجر به افزایشی اساسی در انعطاف پذیری و مقاومت ضربه ای می شود. از زمان کار گلدفین در سال 1965 الیاف پلی پروپلین نه تنها به عنوان یک منبع اولیه در تقویت بتن، بلکه به عنوان مکملی جهت بهبود برخی خصوصیات مصالح بتن به کار رفته است.

الیاف پلی پروپلین

پلی پروپلین نوعی پلیمر مصنوعی هیدروکربنی است. الیاف پلی پروپلین با فرایند بیرون کشیدن مصالح به حالت داغ از میان روزنه های قالب ساخته می شود. نسبت کشش که میزان کشیدگی است در طول ساخت الیاف اعمال می شود، عامل جهت گیری مولکولی و تبلوری است، که خصوصیات فیزیکی الیاف را مشخص می کند. نسبت های کشش معمولاً برای الیاف پلی پروپلین در حدود 8 می باشد.الیاف پلی پروپلین یا به شکل تک رشته های استوانه ای پیوسته است که می توانند در طول های خاصی قطعه قطعه شوند تولید می گردد و یا به شکل صفحات نازک یا نوارهایی هستند که می توانند به صورت الیاف کوچکی با مقطع عرضی مستطیلی رشته رشته شوند. منظور از رشته رشته کردن صفحات نازک پلی پروپلین، قسمت کردن به قطعات باریک است به طوری که به صورت شبکه باز شده ای از الیاف گسترش یابند. الیاف تک رشته ای پلی پروپلین گرانتر از الیاف حاصل از صفحات نازک رشته ای یا الیاف نواری هستند و به دلیل سطح نسبتاً کوچکشان، پیوستگی ضعیفی با ملات سیمان دارند.در حال حاضر چندین تولید کننده از جمله شرکت فرتا و شرکت فایبرمش، الیاف پلی پروپلین خصوصیات مختلفی دارند که آنها را به طور ویژه ای برای استفاده در بتن سازگار می سازد. به خصوص که الیاف پلی پروپلین به طور شیمیایی بی اثر و سبک وزن هستند و از نظر هزینه با سایر انواع الیاف رقابت

می کنند. علاوه بر آن الیاف پلی پروپلین آبگریز هستند بنابراین نمی توانند آب جذب کنند و تاثیری بر روی آب لازم برای مخلوط بتن ندارند. با این حال برخی معایب الیاف پلی پروپلین پیوستگی شیمیایی ضعیف با ملات سیمانی، نقطه ذوب پایین (تقریباً $329^{\circ}F$ ، $165^{\circ}C$) ، قابلیت احتراق و مدول الاستیسیته نسبتاً پایین می باشند.

برخی از خصوصیات الیاف پلی پروپلین در جدول 1 داده شده اند :

جدول 1 ویژگی های شاخص الیاف پلی پروپلین

الیاف	مدول یانگ (kg/cm^2)	مقاومت کششی (kg/cm^2)	وزن مخصوص
پلی پروپلین	34475	7000500	9/0

معادل متریک : ksi=6.895MPa

روش های نوین آب بندی بتن و اعضای بتنی

میانگین امتیاز کاربران به این صفحه :

| امتیاز 5 از 5 (از 1201 رای)

هر آنچه که باید در مورد آب بندی بتن بدانید

بتن یک ماده‌ی متخلخل است و اگر به خوبی آب بندی نشود، می تواند به مرور زمان مقدار زیادی آب را به خود جذب کند. این آب جذب شده می تواند حاوی آلودگی ها و مواد شیمیایی مختلفی باشد که تخریب بتن را رقم می زنند. اگر می خواهید که از عمر طولانی و دوام بالای بتن خود مطمئن شوید، لازم است که آب بندی آن را به صورت استاندارد انجام دهید. اما چگونه؟ بهترین راه و جدیدترین مواد آب بندی بتن چه چیزهایی هستند؟ در این نوشتار سعی داریم تا به توضیح این مسائل بپردازیم. آب بندی بتن به معنای جلوگیری از نفوذ آب به بتن و مقاومت در برابر فشار هیدرواستاتیک می باشد. بتن در مفهوم وسیع به هر ماده یا ترکیبی که از یک ماده چسبنده با خاصیت سیمانی شدن تشکیل شده باشد گفته می شود. این ماده چسبنده عموما حاصل فعل و انفعال سیمان های هیدرولیکی و آب است. امروزه چنین تعریفی از بتن شامل طیف وسیعی از محصولات می شود. بتن ممکن است از انواع مختلف سیمان و نیز پوزولانها، سرباره کوره ها، گوگرد، مواد افزودنی، پلیمرها، الیاف و غیره تهیه شود. با توجه به گسترش و پیشرفت علم و پیدایش تکنولوژی های فراوان در قرن اخیر، شناخت بتن و خواص آن نیز توسعه قابل ملاحظه ای داشته است، به نحوی که امروزه شاهد کاربرد انواع مختلف بتن با مصالح مختلف هستیم که هر یک خواص و کاربری مخصوص به خود را داراست. در حال حاضر انواع مختلفی از سیمان ها که شامل پوزولانها، سولفورها، پلیمرها و افزودنی های متفاوتی هستند، تولید می شوند. همچنین می توان خاطر نشان کرد که تولید انواع بتن با استفاده از حرارت، بخار، اتوکلاو، تخلیه هوا، فشار هیدرولیکی ویبره و قالب انجام می گیرد. بتن به طور کلی محصولی است که از اختلاط آب با سیمان آبی و سنگدانه های مختلف در اثر واکنش آب با سیمان در شرایط محیطی خاصی حاصل می شود و دارای ویژگی های خاص است. در دسترس بودن مصالح آن، دوام نسبتاً زیاد و نیاز به ساخت و سازهای فراوان سازه های بتنی چون ساختمان ها، سدها، پل ها، تونل ها و راه ها، این ماده را بسیار پر مصرف نموده است. اینک حدود سه تا چهار دهه است که کاربرد این ماده در شرایط خاص مورد استقبال کاربران آن قرار گرفته است. امروزه با پیشرفت علم و تکنولوژی مشخص شده، که صرف توجه به مقاومت به عنوان یک معیار برای طرح بتن در محیط های مختلف و کاربردهای مختلف، نمی تواند جوابگوی مشکلاتی باشد که در دراز مدت در **ترمیم سازه های بتنی** ایجاد می گردد. چند سالی است که مسأله دوام بتن در محیط های مختلف مورد توجه قرار گرفته است. مشاهده خرابی هایی با عوامل فیزیکی و شیمیایی در بتن ها در اکثر نقاط جهان و با شدتی بیشتر در کشورهای در حال توسعه، افکار و اذهان را به سمت طرح بتن هایی با ویژگی خاص و با دوام لازم سوق داده است. در این راستا در پاره ای از کشورها دستورالعمل ها و استانداردهایی نیز برای طرح بتن با عملکرد بالا تهیه شده و طراحان و مجریان در بعضی از این کشورهای پیشرفته ملزم به رعایت این دستورالعمل ها گشته اند. با گسترش دیدگاه و تفکر عصر بتن های سبز فرا صنعتی و تغییر جایگاه نگرش سنتی تک بعدی مقاومتی بتن به سمت و سوی بتن

های مقاومتی دوامی، لزوم جانشینی برخوردی کل نگرانه و به عنوان یک سیستم زنده و پویا به جای برخورد قدیمی و جزء نگرانه ی از پیش تعیین شده احساس می شود. در این راستا طبیعت بتن بگونه ای است که رفتار آن با رفتار تک تک اجزاء تشکیل دهنده آن و نیز با حاصل جمع رفتار این اجزا متفاوت است. بنابراین، اگر بتن را چه به صورت فیزیکی و چه به صورت نظری به اجزا جدا از هم تفکیک کنیم. مشخصات ماده مخدوش شده، از بین خواهد رفت. لذا دنیای بتن یک دنیای غیرخطی است و در محدوده این رفتار غیر خطی دارای ناپیوستگی و گسستگی هایی نیز می باشد و اگر چنانچه این دانش را محدود به برداشت خود از یک معلول منفرد نماییم و استنباط مان فاقد هرگونه کل نگری باشد انگار که این معلول همه چیز است و خود را در یک محدوده کوچک قرار داده ایم. با در نظر گرفتن این تفکر جدید کل نگرانه به بتن بعنوان یک سیستم زنده و پویا هرگونه تغییر رفتار و ایجاد مشخصات جدید در بتن با استفاده از افزودنی های دنیای جدید باید بصورت استفاده از **افزودنی های بتن** چند منظوره که علاوه بر هدف رفتاری جدید در بتن، مقاومت و دوام آن را نیز در نظر دارد، باشد. یکی از مهمترین مشکلات در ساخت و نگهداری سازه ها، نفوذ آب و اثرات تخریبی آن می باشد. بنابراین ضدآب سازی سازه ها از اهمیت خاصی برخوردار بوده تا جایی که امروزه به یک تخصص تبدیل شده است. جذب آب صدمات ظاهری و سازه ای متعددی را در سازه ها بوجود می آورد. در واقع صدمات ظاهری شامل شوره زدگی، پوسته شدن رنگ،قارچ ها، کپک ها و کثیف شدگی بوده و صدمات سازه ای موجب واکنش سیلیکات های قلیایی، یخ زدگی و ذوب شدن پیاپی آب در مصالح، کربونیزاسیون، بارانهای اسیدی، سولفاته شدن و خوردگی آهن آلات بکار رفته در اسکلت ساختمان می شود که بر روی انعطاف پذیری و کاهش مقاومت آنها تأثیر می گذارد. هر ساله آمار و ارقام زیادی در مورد تخریب سازه های بتنی منتشر می شود و بدیهی است هزینه های سنگینی در طرح های عظیم ملی نظیر طرحهای فاضلابی، سازه های دریایی، ساخت اسکله ها و بنادر سدها و پلها و ... صرف می شود. در صورتی که تمهیدی برای حفظ این سازه ها بکار گرفته نشود نه تنها این سرمایه عظیم از بین می رود بلکه ساخت مجدد آنها فوق العاده دشوارتر و پر هزینه تر بوده و رشد و شکوفایی اقتصادی را ناممکن می سازد. یکی از مواردی که در مورد **مقاوم سازی سازه های بتنی** بالاخص مواردی که در مجاورت دائم یا غیر دائم با آب و مواد شیمیایی می باشد بسیار با اهمیت است. عملکرد مسدود کنندگی در برابر تراوش، نفوذ، فشار یا تهاجم آب حاوی مواد شیمیایی علاوه بر تحمل خوب باربری آن است. در این راستا باید بتنی ساخته شود که اصطلاحا آببند یا ناتراوا گفته می شود. برای آن که بتن را آب بندی کنید چند راه پیش روی شماست .

✓ انواع روش های آب بندی بتن

اول این که بتن را از طریق سطح خارجی‌اش آب بندی کنید، راه دوم این است که از طریق سطح داخلی این عمل را انجام دهید و یا از راه سوم استفاده کنید که آن آب بندی بتن از طریق ذرات بتن است. یکی از معمول ترین راه های آب بندی بتن از طریق سطح خارجی استفاده از ورق های آب بندی است، اما این روش محدودیت های بسیاری دارد و هم چنین هزینه‌ی بالایی را نیز در بر می گیرد. از دهه ۱۹۸۰ تا کنون در بسیاری از پروژه های ساخت و ساز در سرتاسر دنیا از افزودنی کریستالی برای **آب بندی بتن** استفاده کرده و می کنند. این روش در واقع همان روش سوم آب بندی است (از طریق ذرات خود بتن) است که به آن اشاره کردیم. در این شیوه ذرات بتن خودشان سد راه عبور آب از هر جهتی می شوند و در واقع خود بتن به نوعی مانع آب تبدیل می گردد. تا کنون پیشرفت های زیادی در هر دو زمینه‌ی استفاده از ورق های آب بندی و استفاده از افزودنی کریستال صورت پذیرفته است. در این جا به اختصار به مرور به آنها می پردازیم تا انتخاب های موجود برای شما روشن تر شود.

1. سیستم آب بندی بتن به وسیله ورقه

ورقه های آب بندی ورق هایی هستند که از مواد پلیمری، قیر و پلی اتیلن تشکیل شده‌اند. ترکیب این مواد باعث می شود تا این ورق ها در برابر تغییرات دمایی کم تر حساس باشند و کم تر تغییر شکل بدهند. این ورق ها به صورت خودکار از نزدیک شدن مواد و سموم شیمیایی خطرناک جلوگیری می نمایند و در عین حال باعث افزایش مقاومت کششی، افزایش مقاومت در برابر خاک های اسیدی، انعطاف پذیری، خود ترمیمی و افزایش توانایی پیوند می شود. با وجود پیشرفت هایی که در این نوع سیستم آب بندی بتن

صورت پذیرفته، همچنان معایب زیادی در مورد آنها وجود دارد. نصب این ورقه ها می تواند کار بسیار سخت و طاقت فرسایی باشد. خصوصا در اتصال میان ورقه های مختلف باید کارهای زیادی صورت بپذیرد تا آب بندی دچار هیچ گونه مشکلی نشود و این کارها بسیار سخت و زمان بر هستند. همچنین ورقه ها باید به سطوحی متصل شوند که در آن هیچ گونه تخلخلی وجود ندارد و دارای سطح کاملا صافی باشند، از این رو باید تخته های محافظی نیز بر روی بتن نصب گردد. با وجود تمام این مشکلات، استفاده از ورقه های آب بندی در سالیان متمادی جزو معمول ترین روش ها بوده و هم چنان نیز هست.

2. سیستم آب بندی بتن به روش پوسته های مایع

به وسیله‌ی یک قلم مو، اسپری یا غلتک می توان موادی نظیر اورتان یا آسفالت پلیمریک را بر روی سطح بتن کشید که به این روش آب بندی روش پوسته های مایع گفته می شود. این روش معمولاً بر روی سطح خارجی بتن اجرا می شود. اما پیشرفت های اخیر فناوری باعث شده تا آب بندی سطح داخلی نیز میسر گردد. موفقیت آمیز بودن آب بندی به وسیله‌ی پوسته های مایع بستگی به ضخامت و نحوه‌ی وضع آنها دارد. از این روش تنها زمانی استفاده می شود که استفاده از ورق های پیش ساخته میسر نباشد.

✓ آب بندی بتن با استفاده از افزودنی های بتن

نوع بسیار جدید و مدرنی از آب بندی بتن که در سال های اخیر بسیار از آن استفاده شده، استفاده از افزودنی های مختلف در مخلوط بتن می باشد. این افزودنی ها در هنگام بتن ریزی به مخلوط بتن اضافه می شود و خود بتن را به یک مانع برای عبور آب تبدیل می کنند. این افزودنی ها انواع مختلفی دارند و به دسته های افزودنی های هوا دهنده بتن، دافع آب و افزودنی های کریستال تقسیم می شوند.

✓ روش های نوین آب بندی بتن و اعضای بتنی

بتن بعنوان یکی از پرکاربردترین مواد در سازه ها همیشه مورد توجه مهندسان قرار گرفته است. انعطاف پذیری که این ماده برای رسیدن به اهداف مختلف از خود نشان داده، اقتصادی بودنش در برابر سایر مواد مصرفی، در دسترس بودن مواد اولیه، شکل پذیری و سازگاری نسبی با طبیعت باعث اهمیت بیشتر آن می شود. یکی از ویژگی های اصلی بتن قابلیت تغییر در طرح اختلاط و اضافه کردن مواد افزودنی خاص به منظور دستیابی به اهداف مختلف می باشد که باعث می گردد با در نظر گرفتن تمهیدات خاص، بتن آب بند و انواع دیگر بتن حاصل گردد که هر کدام ویژگی های خاص خود را دارا می باشند. در این تحقیق ساختار بتن آب بند بعنوان یک ماده با نفوذپذیری کم مورد بررسی قرار گرفته و عوامل موثر بر طرح اختلاط، نحوه اجرا و برخی افزودنی های بتن به منظور دستیابی به نتایج مطلوب تفسیر می گردد. محوریت اصلی تحقیق مواد افزودنی ست که به منظور ساخت بتن آب بند مورد استفاده قرار می گیرند. این مواد می توانند هم به صورت ترکیب با اجزا تشکیل دهنده بتن و هم پس از سخت شدن بتن مورد استفاده قرار گیرند.. مقدار مصرف این مواد و نوع به کارگیری آنها در بتن های مختلف، متفاوت است. سازه های بتنی از سه منظر دوام، بهره برداری و زیبایی نیازمند آببندی می باشند. دوام را به قابلیت حفظ توان خدمت رسانی یک محصول تولیدی، جزء سازنده، یا مجموعه اجزایی سرهم شده در مدت زمانی معین تعریف می کنند. توانایی خدمت رسانی، قابلیت سازه برای اجرای کارکردهایی است که به منظور تحقق آنها، در شرایط رخ نمایی) در معرض محیطی خاص بودن(طراحی و ساخته شده است. بنابراین، سازه باید توانایی ایستادگی و مقاومت در مقابل کل بارهای منظور شده در عمر خدمت رسانی خود و نیز شرایط محیطی را داشته باشد، بدون آنکه به زوال)فروسایی) سایش یا ریزش پیش از موعد دچار شود. دوام به مفهوم وسیع خود به ماهیت بتن و به تهاجم در محیط خدمت گیری بستگی دارد. لزوم بتن با کیفیت خوب و تامین پوشش کافی آرماتور برای آن در تعیین مشخصات فنی بتن بادوام اهمیت اساسی دارد. نفوذپذیری کمرا عامل کلیدی بتن بادوام تشخیص داده اند که عوامل مختلفی بر آن تاثیر گذار است. آببندی سازه های بتنی گویای لحاظ تمهیدات لازم برای جلوگیری از نفوذ یا عبور آب یا سایر مایعات از مقطع بتن می باشد.

روش های آب بندی سازه های بتنی عبارتند از:

آب بندی اولیه آب بندی در حین ساخت

آب بندی ثانویه 1. آب بندی به روش پوشش های سطحی یا نفوذگر

2. آب بندی به روش تزریق

باید توجه داشت که آب بندی بتن در بسیاری از مواقع با وجود اینکه ما شاهده ورود آب از قسمتی و خروج آن از سمتی دیگر نیستیم به لحاظ دوام سازه دارای اهمیت بالایی می باشند. بدیهی است که مطمئن ترین و کارآمدترین روش همواره مواد آب بندی بتن در سازه های بتنی با بکارگیری تمهیدات در حین ساخت می باشد. این امر می تواند با استفاده از کاهش نفوذپذیری بتن، استفاده از افزودنی های بتن آب بند کننده و نصب **واتر استاپ** آب بند کننده بتن در قسمت درزها یا استفاده از پوشش های آب بندی در جهت فشار مثبت تحقق یابد. اما متاسفانه با این وجود در بسیاری از مواقع مشاهده می شود به دلایل اقتصادی و یا عدم آگاهی کافی سازندگان و تصمیم گیران، این سیستم آب بندی در سازه های بتنی صورت نمی گیرد. در این صورت در گام دوم میتوان برای آب بندی بتن از یکی از دو روش رایج **آب بندی سازه های بتنی** یعنی آب بندی به روش تزریق و یا روش آب بندی با استفاده از انواع پوشش های آب بند استفاده کرد. لازم به ذکر است که پوشش های آب بندی دارای گونه های مختلفی می باشند که هر یک متناسب با شرایط بهره برداری و محدودیت های مالی و اجرایی، انتخاب و قابل استفاده می باشند. لذا آنچه در این بین می تواند در انتخاب روش آب بندی بتن مورد توجه باشد لحاظ حداکثر دوام آب بندی سازه های بتنی می باشد.

✓ مزایای استفاده از آب بندی بتن

از مزایای استفاده از آب بندی به روش تزریق می توان به امکان اجرای آب بندی در فشار مثبت و منفی، حداکثر دوام سازه بتنی به علت جلوگیری از ورود آب به سازه و سرعت بالای اجرا اشاره نمود. از مشکلات عمده این روش آببندی بتن، تخصص بالای مورد نیاز، نیاز به تجهیزات خاص و گران قیمت و هزینه بالای این روش آب بندی بتن می باشد. در این تحقیق علاوه بر تحلیل ساختار بتن آب بند و روش های **آببندی بتن**، انواع مواد افزودنی به منظور آب بندی بتن و اعضای بتنی معرفی و تشریح می گردد.

1. بتن آب بند و اصول آب بندی بتن

بتن آببند به بتنی گفته می شود که در برابر نفوذ هرگونه عامل بیرونی که به سطح بتن حمله کند مقاوم باشد. بتن آب بند بدون هرگونه ترک خوردگی می باشد. از نظر محدود کردن آسیب دیدگی بتن، در حقیقت مناسب تر آن است که از اصطلاح بتن غیر قابل نفوذ استفاده گردد. زیرا امکان آب بندی مطلق در مخلوط نامتجانسی همچون بتن به سختی میسر می باشد. بدین معنی که اگر حجم رطوبت نفوذ یافته در جسم بتن درسطح مجاور هوا تبخیر شود و در زمان تجزیه و تحلیل رطوبت هیچ صدمه ای ایجاد نشود در این صورت به چنین بتنی بتن آب بند (آب کیپ یا ناتراوا) گفته می شود. یا به عبارت دیگر زمانی **بتن** آب کیپ است که تهویه مناسب و دمای کافی برای ادامه تبخیر آب نفوذ یافته در سطح بیرونی در سازه های مخزنی و سطح دور از آب در سازه های آبی وجود داشته باشد و قطرات تعریق بر روی سطح دور از آب در محل موجود نباشد.

2.اصول آب بندی سازه های بتنی

آب بندی سازه های بتنی به دو صورت کلی دسته بندی می گردد:

آب بندی اولیه (در حین ساخت و بتن ریزی)

این روش با استفاده از مواد افزودنی مناسب و اصلاح طرح اختلاط بتن مصرفی و قرار دادن واتراستاپ در درزهای اجرایی یا انبساطی و رعایت نکات مهم اجرایی انجام می گردد. لازم به ذکر است که آببندی در این مرحله اقتصادی ترین و بهترین روش محسوب می شود.

مواد افزودنی مناسب برای این سیستم دارای خواص زیر هستند:

1. با داشتن خاصیت روان کنندگی سبب کاهش نسبت آب به **سیمان** و افزایش سهولت متراکم سازی بتن شده که این مورد خود

باعث کاهش قطر لوله های موییِنه، افزایش وزن مخصوص و تراکم بتن و در نتیجه سبب کاهش نفوذپذیری می شوند. همچنین خاصیت روان کنندگی باعث بهبود خواص پمپ پذیری
می شود.

2. با لغزنده نمودن سطوح داخلی لوله های موییِنه درون بتن سخت شده، بواسطه از میان بردن نفوذ آب از طریق خاصیت اُسمُزی، نفوذپذیری بتن را کاهش می دهند.

3. با ایجاد حباب های ریز هوا و در نتیجه قطع لوله های موییِنه موجب کاهش نفوذپذیری بتن می گردد.

4. از نفوذ سولفاتها و املاح خورنده در بتن جلوگیری کرده و یون کلر فعال موجود در آن را غیر فعال می نمایند.

5. به دلیل عملکرد چند کاره بر مقاومت فشاری و دوام بتن می افزایند.

دارا بودن این خواص بصورت همزمان منجر به تولید بتنی ایده آل شده که انتظارات بهره بردار را برآورده می سازد.

نتیجه آنکه **برای آب بندی یک سازه بتنی در حین ساخت دو کار اساسی را بایستی انجام داد** :

- **آب بند نمودن ساختار جسم بتن**

کیفیت بتن از نظر دوام برحسب نفوذپذیری اندازه گیری می شود. عامل کنترل کننده این ویژگی در بتن سخت شده سیستم فضاهای خالی است. همین عامل در مقاومت در مقابل حمله شیمیایی از منابع خارجی (مثلا اسیدها، دی اکسیدکربن و سولفات ها) یا از درون بتن (مثلا واکنش قلیایی سنگدانه و سیمان نامناسب) و نیز در برابر سایر تنش های محیطی ناشی از نفوذ رطوبت (مثل دوره یخ زدن و آب شدن و تراوش) از اهمیت اساسی برخوردار است.

بطور کلی نفوذپذیری تحت تاثیر عوامل ذیل است:

- کیفیت سیمان و سنگدانه
- نسبت W/C و درجه هیدراتاسیون
- مقدار تراکم
- میزان عمل آوری
- حضور یا عدم حضور ترک ها

واکنش هایی را که در دوام بتن موثرند، به طور کلی می توان به دو نوع تقسیم کرد:

الف) واکنش های سطحی

ب) واکنش های رخ دهنده در جسم بتن

حمله سطحی که ریزساختار بیرونی بتن و ملات را خراب می کند، بیشتر ناشی از تاثیر مضر محلول های مهاجم است. حمله درونی نتیجه دوره های یخ زدن و آب شدن و واکنش انبساطی شدید سنگدانه ها با سیمان است. حمله داخلی در صورتی رخ می دهد که کیفیت سیمان پایین بوده یا آنکه سیمان حاوی اکسید کلسیم یا اکسید منیزیم بیش از اندازه باشد. اگر مخلوط بتن طوری طراحی شود که بتن سخت شده سیستم حفره های هوای کافی در برداشته باشد، می توان از خرابی ناشی از دوره های یخ زدن و آب شدن اجتناب کرد. ایجاد این خاصیت در بتن به خصوص زمانی که بهره برداری از بتن در شرایط اشتباه باشد،ضروری است.

عامل تعیین کننده مقاومت بتن، حفرات موجود در آن است. تاثیر سنگدانه با همه اهمیت خود کمتر از خمیر سیمان است.

نسبت W/C مبین این اثر است. به طوری که هر چه نسبت W/C بیشتر باشد، فضای موییِنه خمیر بیشتر، و بنابراین مقاومت آن کمتر است.

این نظر توسط پاورز در قانون نسبی فضا - ژل بیان کمی یافته است :

« هر چه نسبت ژل (خمیر سیمان هیدراته) به فضای موجود برای آن بیشتر باشد، مقاومت بیشتر خواهد بود.»

نفوذپذیری عامل اصلی تعیین کننده دوام بتن است. نفوذ مواد شیمیایی مضر و دی اکسیدکربن، و نیز خرابی ناشی از یخ زدن و آب شدن در هنگامی که رطوبت در حد اشباع است، همه با نفوذپذیری بتن ارتباط مستقیم دارند. نفوذپذیری بتن نسبت به آب تحت

فشار هیدرواستاتیک)همه جانبه) بیشتر به نفوذپذیری اجزای خمیر سیمان بتن بستگی دارد. کل آب تراوشی باید از میان اجزای خمیر بتن)بخش پیوسته) عبور کند و اگر نفوذ پذیری خمیر کم باشد، بتن نیز خواص مشابه را نشان خواهد داد. نفوذ پذیری با پیشرفت هیدراتاسیون به سرعت کاهش می یابد. لذا اصلاح ساختار بتن جهت آب بندی شامل تراکم، توسعه دوام و ایجاد مقداری حباب هوا می باشد که با رعایت نکات زیر حاصل می گردد:

1. اصلاح منحنی دانه بندی و کنترل میزان ذرات ریزدانه به این معنی که میزان سیمان، مواد افزودنی پودری میکروسیلیکا) و نرم دانه مصالح سنگی)عبوری از الک 100#) جمعاً در هر متر مکعب حداقل 400 کیلوگرم باشد.
2. کاهش نسبت آب به سیمان
3. افزایش نرخ هیدراتاسیون
4. دقت در مراحل اجرا (جلوگیری از ایجاد درزهای اجرایی و کرموشدگی)

امروزه تمایل به ساخت سازه های بتنی غیر قابل نفوذ با ضخامت پایین با رعایت شرایط فوق زیاد می باشد. قوام یا کار پذیری را نیز می توان با اضافه نمودن مواد افزودنی شیمیایی اصلاح نمود. کیفیت بتن آب کیپ را می بایست در زمان اختلاط مناسب مورد بررسی قرارداد. لایه نهایی بتن به منظور آب کیپ بودن بسیار حائز اهمیت است که بطور کامل هیدراته شده، و متخلخل باقی نماند و تحت شرایط نرمال عمل آوری شود. از طرف دیگر به دلیل قطع شدن لوله های مویینه توسط حباب های هوا امکان عبور و انتقال رطوبت و آب بسیار کم می شود و بتن آب کیپ (آب بند) یا ناتروا بوجود می آید.

در این مرحله افزودنی های آب بند کننده می بایست دارای خواص کلی ذیل باشد:

1. دارای خاصیت کاهش دهندگی نفوذپذیری
2. خاصیت دفع کنندگی آب یا آبگریز / دور کننده آب

- **آب بند نمودن درزهای اجرایی و انبساطی در سازه بتنی**

سازه آب بند می بایست در قسمت درزهای اجرایی یا انبساطی دارای شرایط زیر باشد:

الف- درزهای اجرائی تا آنجا که ممکن است موجود نباشد و چنانچه وجودشان اجتناب ناپذیر بود می بایست برای آب بندی درز از واتراستاپ نوع تخت استفاده نمود.

ب - برای آب بندی درزهای اجرایی محل اتصال کف به دیواره از واتراستاپ نوع تخت در داخل پاشنه استفاده شده و توسط گیره کار گذارده شود.

ج - برای آب بندی درزهای انبساطی از واتراستاپ نوع حفره دار که قابلیت انعطاف پذیری تقریبا بالایی را دارا باشد استفاده نمود.

2-3- آب بندی ثانویه (پساز بتن ریزی)

ماده نفوذگر نوعی مخلوط شیمیایی خاص است که برخی از اجزاء تشکیل دهنده آن خاصیت نفوذی قابل توجهی دارند. حفاظت بتن در اثر واکنش اجزاء گوناگون موجود در محلول هنگامی که با سطح بتن و با مکانیزم فشار اسمزی به عمق بتن نفوذ می کنند، انجام می شود. از واکنش مواد شیمیایی گوناگون با یکدیگر و با آب کریستال هایی تشکیل می شود که باعث انسداد حفره های مویین بتن و ترک های حاصل از جمع شدگی بتن می گردد و رطوبت را به بیرون میراند. این فرآیند بر اثر فشار آب یا در مقابل فشار آب صورت می پذیرد. در صورت فقدان رطوبت اجزا تشکیل دهنده نفوذگر به صورت غیرفعال در محل باقی می مانند. به مجرد نفوذ آب نفوذگر مداوما درزبندی را بنا به طبیعت شیمیایی خود انجام می دهد. رشد کریستال ها و انسداد حفره های بتن تا اعماق نزدیک به یک متر از سطح بتن مشاهده و اندازه گیری شده است.

تشریح روشهای آب بندی ثانویه در قطعات بتنی :

- **روش تزریق برای ترمیم قطعات بتنی :**

تزریق برای ترمیم بتن های دارای ترک و یا نقاط، درزها و ترکهای آبدار استفاده می شود. دو روش اصلی برای ترمیم بتن با استفاده از تکنیک تزریق بکار گرفته می شود :

تزریق رزین اپوکسی : رزین های اپوکسی عمل آوری شده بصورت جامد با مقاومت بالا و مدول الاستیسیته نسبتا بالا می باشند. چسبندگی رزین های اپوکسی به بتن در حدی می باشد که با اجرای مناسب قابلیت بازگرداندن استحکام سازه ای اولیه بتن ترک خورده را دارند. مدول الاستسیته بالای رزین اپوکسی باعث شده که برای چسباندن بتن های ترک خورده که در آینده دارای احتمال جابجایی هستند مناسب نباشند. از رزین اپوکسی برای آببند نمودن ترک های آبدار استفاده می شود. اما با این حال به علت سرعت پایین عمل آوری رزین های اپوکسی بخصوص در دماهای پایین و نیز در صورت وجود جریان زیاد آب، استفاده از آن برای آب بندی ممکن نیست. ترک هایی که در آنها رزین اپوکسی تزریق می شود باید دارای عرضی بین 0/005 تا 0/25 اینچ باشند. تزریق رزین اپوکسی در ترکهای با عرض کمتر از 0/005 سخت و ناممکن است و همچنین نگهداری از رزین تزریق شده در ترک های عریض تر از 0/25 اینچ کار دشواری است، اگر چه گاهی این امر با استفاده از رزین های اپوکسی با چگالی بالا با موفقیت قابل انجام است. رزین های اپوکسی عمل آوری شده دارای حالت ترد و شکننده، با استحکام چسبندگی بیش از مقاومت برشی و کششی بتن می باشند. اگر این مواد برای اتصال مجدد بتن ترک خورده ی در معرض بارهای بیش از مقاومت برشی و کششی استفاده گردد، باید انتظار داشت که ترک هایی مجددا در کنار خط اتصال اپوکسی نمودار شود. به عبارت دیگر برای ترمیم ترک های فعال نباید از **رزین اپوکسی** استفاده نمود.موفقیت در اجرای رزین های اپوکسی برای ترک های مرطوب متفاوت و متغیر است. تعدادی تکنیک های ویژه و در حال توسعه برای چسبندگی مجدد و آببندی ترک های آبدار به وسیله ی رزین اپوکسی وجود دارد. این روش و تکنیک های ویژه بسیار تخصصی و فنی بوده و در جاهای خاصی به کار برده می شوند. این روش ها صرفا زمانی در پروژه های تعمیراتی بکار گرفته می شوند که پس از بررسی و تحلیل به این نتیجه برسیم که سایر روش های موجود و استاندارد برای تعمیر پاسخگو و مناسب نیستند.

تزریق رزین های پلی یورتان : از رزین های پلی یورتان برای آببندی و حذف نشت آب از ترک ها و درزهای بتن استفاده می شود. آنها همچنین می توانند در ترک هایی که امکان جابجایی های کوچک خواهند داشت، تزریق شوند. چنین سیستم هایی، به جز سیستم پلی یورتان دو جزئی جامد، مقاومت کمی داشته و نباید برای چسباندن دوباره ترکها مورد استفاده قرار گیرند. رزین پلی یورتان نباید در ترکهای بتا عرض کمتر از 0/005 اینچ استفاده و تزریق شود. تاکنون برای تزریق رزین های پلی یورتان، هیچ حدی برای حداکثر اندازه ترک مشخص نشده است. رزین های پلی یورتان با تنوع قابل توجهی از منظر خواص فیزیکی دردسترس می باشند. برخی از رزین های پلی یورتان پس از عمل آوری به شکل فوم منعطف در می آیند. سیستم های دیگر رزین پلی یورتان پس از عمل آوری به صورت جامد با انعطاف پذیری نسبی و چگالی بالا درمی آیند که می توانند برای چسباندن مجدد درزهای با امکان جابجایی مورد استفاده قرار گیرند. رزین های پلی یورتان فوم شونده برای شروع عملیات عمل آوری نیازمند آب می باشند به همین دلیل طبیعتی است که از آنها برای تعمیر و ترمیم بتن های در معرض آب یا مرطوب استفاده کرد. تاکنون هیچ استانداردی برای رزین های پلی یورتان مانند آنچه در استانداردهای معتبر برای رزین های اپوکسی وجود دارد، ارائه نشده است. با توجه به فقدان استاندارد از یک سو و از سوی دیگر تغییرات گسترده در خواص فیزیکی رزین های پلی یورتان، لازم است که دقت و مراقبت زیادی در انتخاب این رزین برای تعمیر بتن صورت گیرد. راهنمای کاربردی برای این نوع رزین ها خیلی مفید و موفقیت آمیز نمی باشد. بعضی از مراکز تحقیقاتی و آزمایشگاهی در حال انجام مطالعات و تحقیقات بر روی این نوع ارزشمند از رزین ها می باشند. در صورت نیاز به مشاوره و راهنمایی برای روشهای اجرا می توان از این مراکز کمک گرفت.

- **2-4- روش پوشش های حفاظتی سازه های بتنی :**

جلوگیری از خوردگی سازه های بتنی و نیز آب بند کردن آنها با حفظ سرمایه های عظیم ملی می گردد.

✓ **انواع پوشش های حفاظتی سازه های بتنی**

1. پوشش حفاظتی سطحی در سازه های بتنی :

این پوشش ها، سطحی پلاستیک و مقاوم بر روی سطح کار تشکیل داده و آن را از محیط خورنده جدا می کنند. اگر به هر دلیلی این پوشش ها آسیب ببینند و زخمی شوند و یا از سطح کار کنده شوند بتنی که در زیر آنها قرار گرفته در اثر عوامل خورنده تخریب می شود. ضمنا این پوشش ها از میلگرد داخل بتن حفاظت نمی کنند و اگر رطوبت از سطح دیگر بتن به داخل نفوذ کند می تواند میلگرد را مورد تهاجم قرار دهد.

پوشش های حفاظتی سطحی در سازه های بتنی خود به دو نوع تقسیم می شوند :

1. پوشش هایی که از طریق پاشش یا قلم مو بر سطح کار اجراء می شوند و ماده اساسی حافظ سازه بتنی، رزین های ترموست (رزین هایی که در اثر حرارت سخت می شوند نظیر پلی استر پلی یورتان اپوکسی و...) می باشند. اساس این روش اجرای لایه آب بندی غشائی می باشد. در این روش ماده مورد نظر در یک یا چند لایه با رعایت نکات فنی بر روی اعضای بتنی اجرا می شود. یکی از پیش نیازهای اساسیاین سیستم آماده سازی زیر کار می باشد که با مضرس کردن کلیه سطوح صاف و صیقلی بتن آغاز می گردد. سپس باید کلیه ترکها و درزهای اجرائی از قبیل محلهای قطع بتن ریزی به صورت جناقی (V) تا رسیدن به یک بتن سالم و بی نقص حداقل با عمق و عرض 5 سانتی متر شکافته شود. لازم است که تمام قسمت های کرمو شده نیز تا رسیدن به سطح بتنی متراکم و یکنواخت تخلیه گردد. پیش از اجرای لایه آب بندی ضمن شستشوی کامل سطوح از گرد و غبار موجود، تمام قطعات سست و لق از سطح بتن باید جدا گردند. همچنین در این روش برای چسبندگی بهتر لایه آب بند به سطح زیر کار استفاده از چسب رابط مخصوص الزامی می باشد. در ادامه فصل درباره خصوصیات این چسب توضیحاتی بیان می گردد.

2. پوشش های سطحی که بصورت ورقه پلاستیکی آماده از جنس ترموپلاست (که در اثر حرارت نرم می شوند نظیر پی وی سی و پلی اتیلن و...) بصورت ساده یا گیردار می باشند.

2. پوشش نفوذی یا دائمی در سازه های بتنی:

این دسته از پوشش ها برخلاف دسته اول پوشش های حفاظتی، فعالیت خود را تنها به سطح محدود نکرده و می توانند از سطح شروع و با نفوذ در داخل عمق بتن به علت خاصیت اسمزی لوله های مویینه سطح بتن و در اثر واکنش های شیمیایی با اجزاء بتن، کریستال های جامدی را تشکیل دهند و در نتیجه حفره های موئین داخل بتن را پر کنند و از نفوذ آب یا مواد خورنده شیمیایی جلوگیری کرده و علاوه بر محافظت بتن، از میلگرد داخل بتن نیز محافظت بعمل آورند. زیرا علاوه بر ضد آب کردن بتن به آن اجازه تنفس می دهند و با خروج رطوبت از بتن، میلگرد داخل بتن از تهاجم عوامل خورنده که آب محیط مساعدی برای نفوذ این عوامل فراهم می کند، مصون می ماند و در واقع یک نوع حفاظت کاتودیک نیز انجام می دهند. این پوشش ها را می توان بر روی سازه های بتنی نو و یا کهنه اجرا کرد. روش اجرا بصورت پاشش (اسپری) یا با استفاده از قلم مو خواهد بود. برای محافظت از سازه هایی که در مجاورت آب و مواد خورنده قراردارند راه های مختلفی وجود دارد

ما در اینجا به **شرح دو روش برای محافظت از سازه هایی که در تماس با آب و مواد خورنده می باشند** می پردازیم :

I- استفاده از مواد شیمیایی برای سازه هایی که اجرا شده اند :

این مواد نوعی مخلوط شیمیایی بر پایه سیمان به همراه فعال کننده های شیمیایی می باشند که پس از مخلوط شدن با آب و تماس با سطح بتن مرطوب با آهک آزاد آن واکنش نشان داده، تشکیل کریستال می دهد و به عمق بتن نفوذ کرده و ترکهای موجود در آن را مسدود کرده و جزئی از سازه بتنی می گردد.

II- استفاده از ورقهای پلی اتیلن که همزمان با اجرا بکار می روند :

این مواد نیز مانند سایر مواد ذکر شده وظیفه محافظت از بتن را برعهده دارند با این تفاوت که این مواد قبل از بتن ریزی و همزمان با قالب بندی در محل خود قرار داده می شوند این ورقها در یک طرف کاملا صاف بوده و در طرف دیگر برای ایجاد چسبندگی با بتن دارای زائدهایی می باشند.

مزایای روش محافظت از سازه های بتنی که در تماس با آب و مواد شیمیایی می باشند

1. سرعت اجرای بیشتر
2. نیروی کار کمتر
3. هزینه خرید و اجرای کم

✓ روش های کلی آب بندی بتن

در اینجا به روش های کلی آب بندی بتن با استفاده از مواد مختلف می پردازیم :

1. آب بندی بتن با استفاده از مواد جدید

قطعات بتنی فنداسیون ها، مخازن نگهداری آب آشامیدنی، آب های صنعتی و کشاورزی، فاضلاب های شهری و صنعتی، سازه های زیر زمینی و سازه های در معرض رطوبت جوی زیاد، همگی نیازمند استفاده از محصولی مناسب برای آب بندی می باشند. امروزه بسته به نوع سازه، نیازهای متفاوتی در مورد آب بندی مطرح می شود. قابل اعتماد بودن، دوام طولانی و یا مقاومت در برابر انواع تنش های وارده مکانیکی و پایداری شیمیایی. این چالش وقتی پررنگ تر می شود که به مسایل زیست محیطی نیز توجه کنیم. چرا که در برخی از موارد نفوذ مایعات شیمیایی و آب های آلوده به خاک و یا آب باعث آلوده شدن آنها می شود. در مواردی کارکرد صحیح یک سازه اثرات مستقیم و یا غیر مستقیم در جامعه و مسائل اقتصادی دارد. از این رو در سال های اخیر و در پی پیشرفت های علمی جامعه جهانی روش های مدرنی به وجود آمده که صنعت آب بندی را دچار تحولی بزرگ نموده است. از جمله این محصولات می توان به پودرهای آب بند کننده مورد استفاده در طرح اختلاط بتن، ملات های آب بند برای بتن های اجرا شده، ملات های زودگیر جهت بند آوردن نشت آب، ملات های نفوذگر جهت مقابله با فشارهای منفی و مواد آب بند تزریقی جهت کمک به آب بندی تونل ها، درزهای اجرایی، استحکام خاک در مناطق دریایی و آب بندی ترکهای مویی در سازه ها اشاره نمود.

2. آب بندی بتن به روش تزریق رزین پلی یورتان

دسته بندی: آب بندی ثانویه – روش تزریق

پلی یورتان ها پلیمرهایی هستند که دارای پیوند یورتانی بوده و از طریق واکنش افزایشی بتن یک گروه ایزوسیانات و یک ترکیب دارای هیدروژن فعال مثل گروه هیدروکسیل شکل می گیرند. مهمترین ویژگی این گروه از پلیمرها این است که پس از واکنش، ساختاری پایدار بوجود می آید. در این روش آب بندی بتن، رزین های پلی یورتان یک جزئی یا دو جزئی با پمپ مخصوص تزریق در محلهای نفوذ آب تزریق می شوند و باعث آب بندی جسم بتن از داخل و عمق می گردد.

مزایای آب بندی بتن به روش تزریق پلی یورتان

1. آب بندی جسم بتن و عدم ورود آب به درون بتن و جلوگیری از اثرات مخرب ورود آب به بتن مانند خوردگی ...
2. امکان آب بندی از هر دو سمت سازه (آب بندی در فشار مثبت و منفی)
3. امکان آب بندی در محل هایی با دبی آب بالا
4. مقاومت در برابر فشار معکوس آب
5. امکان آب بندی ترک های بتن با ابعاد مختلف

3. آب بندی بتن با استفاده از کفپوش های پلی یورتان

دسته بندی: آب بندی ثانویه - روش پوشش های حفاظتی با مقاومت های مکانیکی، شیمیایی و سایشی مطلوب جهت اجرا در کارخانجات صنعتی، ورزشگاه ها، محیط های دارای لرزش و نیز محیط هایی که در معرض اشعه ماوراء بنفش (UV) دارد مورد استفاده قرار می گیرد.

4. آب بندی بتن با استفاده از پوشش های محافظتی پلی یورتان

دسته بندی: آب بندی ثانویه - روش پوشش های حفاظتی پوشش های محافظتی پلی یورتان با قابلیت اجرا در ضخامت های مختلف بر حسب نوع کاربری سطوح مورد نظر و همچنین دارا بودن خواص مطلوب فیزیکی و بهداشتی و از همه مهمتر مقاوم در برابر اشعه (UV) خورشید، مناسب برای پوشش مخازن آب آشامیدنی ، لوله ها و اتصالات، سطوح لوله های بتنی انتقال آب، قابل ارائه می باشند.

5. آب بندی بتن با استفاده از پَکِرگذاری و تزریق اپوکسی و پلی یورتان به بتن

دسته بندی : آب بندی ثانویه – روش تزریق

ترک های موجود در بتن را می توان با توجه به اهمیت سازه و علل وقوع آن ها دسته بندی و تعمیر و بازسازی نمود. تزریق رزین اپوکسی تحت فشار و پکر گذاری به منظور جوش دادن عضو بتنی گسیخته شده در اثر ترک خوردگی، از جمله روشهای مقاوم سازی کاربردی می باشد. اپوکسی تزریقی خلل ها و ترک های بتن را پر کرده و همچنین مانند سد پوشش محافظ از ورود آب به داخل سطوح جلوگیری می نماید.

رزین های اپوکسی مورد استفاده در سیستم های تزریق به بتن از اختلاط دو جزء رزین سخت شده و جز عمل آورنده یا سخت کننده حاصل می شود. رزین تزریقی ویژگی های چسبندگی بسیار عالی، مقاومت شیمیایی در برابر اسیدها، افت کم، زود سخت شونده (زمان عمل آوری پایین) و مقاوم در برابر رطوبت دارند.

مراحل پر کردن ترک های بتن توست تزریق اپوکسی

1- تمیز نمودن سطوح ترکهای موجود با استفاده از مواد شیمیایی مخصوص و نصب روزنه های تزریق در فواصل مشخص

2- درز بندی سطوح ترک توسط چسب های ویژه به منظور تحمل فشار ناشی از تزریق تا امکان نفوذ رزین اپوکسی فراهم شود.

3- تزریق رزین اپوکسی مخصوص (با چسبندگی کم و زمان گیرش مناسب و تنظیم شده) توسط پمپ های ویژه از پایین ترین روزنه

4- به محض ریزش رزین از روزنه تزریق بعدی، شیر روزنه بسته می شود و از روزنه بعدی ادامه عملیات تزریق انجام می شود. فشار اولیه تزریق معمولا 25 اتمسفر می باشد که در طی اجرای تزریق به تدریج فشار افزایش داده می شود.

5- به منظور بررسی و اطمینان از تزریق صورت گرفته و میزان نفوذ رزین اپوکسی در بتن، مغزه گیری از ترکها صورت می گیرد. همچنین می توان نمونه های بدست آمده را با استفاده از جک بارگذاری، در شکست و صفحه شکست مغزه بررسی کرد.

6. آب بندی بتن با استفاده از تزریق پلی یورتان دو جزئی

دسته بندی:آب بندی ثانویه – روش تزریق

آبریزش در بتن هایی که تحت فشار آب می باشند (نظیر آب بندی تونل ها، تاسیسات بتنی زیر دریایی، چاله آسانسورها و...) توسط تزریق پلی یورتان دو جزئی قابل ترمیم و آببندی می باشد.

نحوه تزریق پلی یورتان دو جزیی

پلی یورتان در ترکیب با آب واکنش نشان داده و حدودا 10 تا 15 برابر متورم می شود. بدین ترتیب کلیه درزها، خلل ها و ترکهای داخل بتن پر می شود. این محصول توسط پمپ مخصوص جهت آب بندی فشار منفی آب در بتن تزریق می شود.

7. آب بندی بتن با استفاده از پودر میکروسیلیس

دسته بندی : آب بندی اولیه – روش آب بندی حین ساخت

پودر میکروسیلیس یک ماده پوزولانی قوی است که جهت بهبود خواص مکانیکی و افزایش دوام بتن به کار می رود. این ماده محصول جانبی صنعت فروسیلیس است که از روی فیلتر هوای خروجی از کوره های قوس الکتریکی در صنایع فروسیلیس بدست می آید. سالانه 110،000 تن پودر میکروسیلیس در دنیا به مصرف می رسد که بر این اساس، برآورد میزان مصرف سالانه بتن حاوی میکروسیلیس در دنیا، 6 میلیون مترمکعب است. پودر میکروسیلیس یکی از افزودنی های معدنی بتن به حساب می آید. میکروسیلیس یا میکروسیلیکا یک محصول جانبی از فرآیند تولید شیشه می باشد. میکروسیلیس به علت خواص منحصر به فرد خود امروزه جایگاه بزرگی در ساخت بتن بدست آورده است. پودر میکروسیلیس به رنگ خاکستری روشن تا تیره عرضه می شود. رنگ مشاهده شده به دلیل حضور اکسید آهن و کربن در ساختار میکروسیلیس می باشد. هرچه میکروسیلیس تیره تر باشد مقدار کربن بیشتری دارد. ذرات میکروسیلیس دارای سطح مخصوص تقریبی 20000 هستند. ذرات منفرد میکروسیلیس تقریبا صد برابر ریزتر از ذرات سیمان می باشند.پودر میکروسیلیس ذرات بسیار ریز با ساختار غیر کریستالی و آمورف است که اندازه ذرات آن در حدود 0/2- 0/1 میکرون می باشد بخشی از ذرات آن به هم جوش خورده و کلوخه تشکیل می دهند.

مقایسه ابعاد ذرات سیمان و میکروسیلیس در شکل زیر آمده است. درجه کلوخه شدن ذرات بستگی به فرآیند تولید و دمای کوره دارد. این ذرات به دلیل سطح موثر بالا دارای جاذبه زیادی بوده و تمایل به کلوخه شدن دارند. یک آزمون مهم در خصوص توزیع ذرات میکروسیلیس، میزان باقیمانده میکروسیلیس روی الک 45 میکرون می باشد. استفاده از پودر میکروسیلیس به ویژه در مناطق ساحلی و یا مناطقی که بتن نیازمند محافظت ویژه ای در برابر فرآیند خوردگی می باشد رو به گسترش است. از جمله خواص استفاده از میکروسیلیس در بتن را می توان به افزایش مقاومت فشاری بتن، افزایش مقاومت سایشی بتن، کاهش نفوذپذیری، کاهش واکنش قلیایی و سولفاته شدن، کاهش اثر فرآیند ذوب و یخ و ... اشاره کرد.

در عکس زیر سیمان پرتلند (سمت چپ) و ذرات میکروسیلیس (سمت راست) با بزرگی تصویر یکسان. میله سفید طولانی تر در عکس مربوط به میکروسیلیس 1 میکرومتر می باشد. ACI R234 تخمین می زند که با جایگزینی 15 درصد سیمان توسط میکروسیلیس تقریبا 2،000،000 ذره میکروسیلیس به ازای هر ذره سیمان وجود خواهد داشت.

میکروسیلیس در حال حاضر به سه صورت پودر میکروسیلیس، دوغاب میکروسیلیس و ژل میکروسیلیس مورد استفاده قرار می گیرد .مقدار مصرف بهینه پودر میکروسیلیس در بتن، بتن 5 تا 10 درصد وزن سیمان مصرفی می باشد. در استفاده از پودر میکروسیلیس باید توجه ویژه ای جهت رعایت مسائل ایمنی به خصوص استفاده از ماسک تنفسی استاندارد به کار گمارد. استفاده از میکروسیلیس در بتن ریزی های مجاور سواحل دریاها به طور جدی مورد توجه مهندسین ساختمان قرار گرفته است. به دلیل خصوصیات بارز پوزولانی میکروسیلیس، استفاده از آن جهت بهبود خواص مکانیکی و افزایش دوام بتن در کشورهای پیشرفته رو به افزایش است. میکروسیلیس یک محصول فرعی از کوره های قوس الکتریکی در جریان تولید آلیاژهای فروسیلیس می باشد. این ماده با داشتن بیش از 90 درصد سیلیس با حالت غیر کریستالی و به شکل ذرات بی نهایت ریز با قطر متوسط 0/1 میکرون شدیدا پوزولانی است و برای استفاده به عنوان یک ماده سیمانی در بتن بسیار مناسب است و با استاندارد ASTM C1240 مطابقت دارد.

مزایای مصرف پودر میکروسیلیس :

افزودن میکروسیلیس به مخلوط بتن باعث می گردد SiO2 فعال آن با محلول هیدروکسید کلسیم ((OH)Ca2) آزاد موجود در منافذ مویین بتن ترکیب گردد و کریستال سیلیکات کلسیم نامحلول تولید نماید و در نهایت باعث تراکم ساختار خمیر سیمان و کاهش نفوذپذیری و افزایش مقاومت فشاری، الکتریکی، خمشی و کششی بتن، افزایش مقاومت بتن در برابر فرسایش، کاهش قابل توجه نفوذپذیری، جلوگیری از نفوذ یون کلر، سولفات ها و سایر مواد شیمیایی مخرب به داخل بتن گردد.

8. آب بندی بتن با استفاده از ژل میکروسیلیس

دسته بندی : آب بندی اولیه – روش آب بندی حین ساخت

ژل میکروسیلیس ترکیبی مناسب جهت بتن های با مقاومت بالا، حفاظت شده و آب بند می باشد. ژل میکروسیلیس برای استفاده در بتن های ساحلی، آببند و در معرض عوامل خورنده و مخرب کاربرد دارد. ژل میکروسیلیس علاوه بر استفاده در ساخت بتن های با مقاومت بالا، آببند، نفوذپذیری کم، دوام بالا و ملات های ویژه، در بتن هایی که کاهش ترک های پلاستیک، ارتقاء نسبی مقاومت های کششی و خمشی بتن مدنظر می باشد کاربرد دارد. همچنین در شرایطی که بتن در معرض ضربه و بارهای متناوب دینامیکی است استفاده از ژل میکروسیلیس توصیه می شود.

کاربردهای ژل میکروسیلیس

- سازه های ساحلی
- سازه های نگهدارنده آب
- روسازی های بتنی
- بتن های پر مقاومت
- سازه های در معرض بارهای دینامیکی ، ضربه و خستگی
- مقاطع نازک بتنی
- سازه های بتنی در معرض سیکل های شدید ذوب و انجماد
- بتن های نظامی و پدافندی

مزایای استفاده از ژل میکروسیلیس

- کاربرد آسان و مرتفع سازی مشکلات ناشی از استفاده مستقیم از پودر میکروسیلیس
- کاهش هزینه حمل در مقایسه با میکروسیلیس
- افزایش مقاومت فشاری
- کاهش نسبت آب به سیمان
- کاهش نفوذ پذیری

9. آب بند کننده بتن با استفاده از مواد الاستومری و انعطاف پذیر

دسته بندی : آب بندی ثانویه – روش پوشش های حفاظتی

یک ترکیب دو جزئی الاستومر، منعطف و اصلاح شده با پلیمر است که جهت حفاظت و آب بندی سطوح بتنی، سیمانی، آجری و برخی سنگهای طبیعی به علت خاصیت ایجاد پل بر روی ترکها بکار می رود.

خواص و مزایا مواد الاستومری و انعطاف پذیر آب بند کننده :

1- قابل اعمال بر روی سطوح مرطوب بدون نیاز به پرایمر

2- اجرای آسان توسط برس، رولر، اسپری وماله

3- قابلیت ایجاد پل بر روی ترکها تا عرض 1.6 میلیمتر

4- عدم ایجاد مانع در برابر خروج آب ،)پوشش سد بخار نیست.(

5- مقاوم در برابر سایش، فرسودگی مکانیکی، UV و همچنین نمک های یخ زدائی.

6- مقاوم در برابر آبهای مهاجم بتن مطابق استاندارد DIN4030

7- دارای ازدیاد طول تحت کشش بیش از 80 درصد.

8- قابل استفاده به عنوان پوشش نهایی همچنین قابل پوشش دهی با ملات های سخت، یا منعطف و انواع رنگها و پوشش های دیگر

موارد مصرف مواد الاستومری و انعطاف پذیر آب بند کننده

جهت آب بندی سازه های آبی، پلن های فاضلاب، سطوح خارجی دیوارهای زیرزمینی، دیوارهای حائل، استخرهای شنا، آبنماها، آکواریوم، دریاچه های مصنوعی، آبراه ها، سطوح مرطوب، سطوح زیر کاشی کاری، بام های سرباز، درزهای انبساط و اجرایی به همراه نوار تقویت درز.

توصیه های مهم جهت استفاده از مواد الاستومری و انعطاف پذیر آب بند کننده

1- در مناطق گرم و مرطوب پوشش ممکن است در طول سخت شدن چسبناک گردد. اگر این پدیده اتفاق افتاد، پوشش را بشکل مه مانند با آب بمدت 24 ساعت مرطوب نموده تا از تکمیل فرایند هیدراتاسیون اطمینان حاصل شود.

2- فشار منفی آب در طول شرایط یخبندان می تواند به پوشش صدمه بزند.

3- این ماده را می توان با انواع رنگ های بدون حلال، پوششها و ملاتهای منعطف دیگر پوشش داد.

4- در سطوح دارای رطوبت بالا به عنوان مثال در مخازن آب باید صبر کرد تا زمان لازم جهت خشک شدن کامل سطح سپری گردد.

5- پوشش را باید در طول اعمال از تابش مستقیم خورشید حفاظت نمود.

6- سطحی که قرار است اعمال روی آن صورت گیرد ابتدا باید به اندازه کافی مرطوب گردد.

7- سطوحی که قرار نیست این ماده بر آنها اعمال شود باید پوشانده شده و محافظت گردند.

8- هنگام تماس مستقیم با فلزاتی نظیر مس، روی، آلومینیوم یا سوراخ های تنگ ابتدا باید از پرایمر در دو لایه استفاده شود. لایه اول را بر روی سطح تمیز با برس و به دقت پس از گذشت زمان کوتاهی (حدود 3تا 6 ساعت) که لایه اول به اندازه کافی خشک شد باید اعمال نمود و سپس بر روی سطح پرایمر خورده کوارتز با اندازه ذرات دو دهم تا هفت دهم میلیمتر) پخش شود. جهت آب بندی PVC و فلنج های از جنس استیل، ابتدا سطح مورد نظر باید ساییده شود و سپس با ایزوپروپانول یا استن شستشو گردد. و بعد مواد همراه نوار به شکل بدون حباب اعمال گردد.

10. آب بند کننده بتن با استفاده از پودر آب بند کننده نفوذگر بتن

دسته بندی : آب بندی ثانویه – روش پوشش های حفاظتی

ماده ای تک جزئی، غیر آلی و پایه سیمانی می باشد. **پودر آب بند کننده بتن** نفوذگر و کریستال شونده است و سازه های جدید و قدیمی بتنی را آببندی کرده و از عمق محافظت می نماید. بطوری که حتی اگر پوشش صدمه ببیند، آببندی بتن همچنان کامل باقی می ماند. بنابراین این ماده تنها یک پوشش نیست، بلکه در اثر واکنش اجزاء تشکیل دهنده آن با رطوبت، ساختاری یکپارچه با بتن ایجاد کرده و توده مقاوم و با دوامی تشکیل می دهد.

خواص و مزایای پودر آب بند کننده نفوذگر بتن

1- اجرای این محصول آسان و مقرون به صرفه است.

2- در تماس با آب و رطوبت به سرعت سخت می شود.

3- در برابر فشارهای هیدرواستاتیک قوی مقاوم است.

4- چسبندگی بسیار عالی به بتن دارد.

5- بر روی سطوح مرطوب قابل اعمال است.

6- در برابر فشار مثبت و منفی آب مقاوم است و فشار تا 13 بار را تحمل می کند.

7- فاقد کلراید می باشد.

8- در مقابل زنگ زدگی آرماتورها، یخبندان، شبنم و یا تغییرات دمایی تا 50 درجه سانتیگراد مقاوم می باشد.

9- بتن را در مقابل اثرات مخرب آبهای شیرین و شور، جریان های فاضلابی، آبهای خورنده زیرزمینی، کربنات ها، کلرایدها،

سولفاتها و نیتراتهای محلول محافظت می نماید.
10- دارای تاییدیه های آب شرب می باشد.
11- غیر سمی و سازگار با محیط زیست است.

موارد مصرف پودر آب بند کننده نفوذگر بتن

آب مورد نیاز جهت کیورینگ این محصول از لحاظ تجزیه ای باید سختی برابر با] ≥ 3[dH°^ داشته باشد. جهت تشخیص میزان نفوذ پودر نسبت به بتن مطابق استاندارد DIN4030 دانستن سطح دی اکسید کربن محلول در بتن ضروری است. این محصول پس از اعمال و خشک شدن، ترک ها تا عرض چهاردهم میلیمتر را سیل می نماید و دارای اثر خود ترمیمی است. بدین معنا که در نتیجه رشد کریستال ها در تمامی جهات و جوانب، اگر بتن ترک بخورد، توسط کریستال ها خود بخود ترمیم می شود.

نحوه عملکرد پودر آب بند کننده نفوذگر بتن

بندکننده فعال است این ماده شامل ترکیبات شیمیایی آب که با رطوبت و آهک آزاد موجود در داخل بتن وارد واکنش شده، ترکیبات کریستالی غیر محلول تشکیل می دهند که منافذ و ترکهای بتن را پر می کند. این ماده حتی در معرض فشار هیدرواستاتیک قوی نیز نفوذ می نماید و خود جزئی از بتن می شود. در واقع تنها فضاهای خالی را پر کرده و افزایش حجم ایجاد نمی نماید. از آنجا که این ماده با آب موجود در بتن تازه واکنش می دهد، بمنظور آغاز فرآیند نیاز به پاشش مجدد آب نیست.
پروسه ای که در مکانیزم آببندی این محصول طی می شود،شیمیایی و زمانبر می باشد. در واقع هر کریستال نقطه شروعی برای تشکیل کریستال های بعدی است. اگر چه ترکیبات شیمیایی بند کننده برای همیشه فعال باقی مانده و سازه را در مقابل نفوذ آب محافظت می کنند، اما در مدت زمان قابل قبولی از زمان اعمال، سطح را تا عمق مناسبی آببند می نمایند. حداقل زمان لازم برای خشک شدن این ماده سه روز می باشد و ممکن یک ماه تا حصول ماکزیمم خواص نیاز باشد. عوامل محیطی از جمله دمای محیط، دانسیته بتن، میزان رطوبت موجود و شرایط جوی، همگی بر زمان پروسه آب بندی تاثیرگذارند. برای ایجاد و رشد کریستال های بیشتر جهت آببند نمودن ترکها، زمان بیشتری لازم است. پودر نفوذگر در شرایط محیطی خشک غیر فعال شده و به محض تماس مجدد با رطوبت فعال می گردد. بتن آببند شده توسط این پودر در تماس دائم با محیط دارای PH در محدوده 4 تا 11 و همچنین تماس دوره ای با محیط دارای PH در محدوده ی 2 تا 12 کاملا مقاوم می باشد.

11. آب بند کننده بتن با استفاده از ملات و پوشش آب بند کننده نفوذگر با خواص کریستال شوندگی بالا

دسته بندی : آب بندی ثانویه – روش پوشش های حفاظتی
یک محصول آببند کننده پایه سیمانی تک جزئی کریستال شونده می باشد. پس از اجرا بر روی سطوح بتنی به صورت فشار منفی و یا مثبت، با نفوذ در عمق بتن باعث ایجاد لایه آب بند در بتن می گردد. پس از اعمال بر روی سطح بتن دارای مقاومت مکانیکی و شیمیایی بالا می باشد. مواد شیمیایی موجود در این محصول پس از نفوذ در عمق بتن در مجاورت رطوبت با آهک آزاد سیمان واکنش داده و با ایجاد بلورهای نامحلول درون حفرات مویینه باعث پرشدن و آب بندی خلل و فرج موجود در بتن می گردد. این محصول را می توان بر روی سطح بتن جدید اجرا نمود تا ضمن کاهش زمان هیدراتاسیون، باعث کاهش ایجاد ترک های انقباضی در سطح بتن و محافظت از آن در برابر خوردگی و مواد شیمیایی رقیق گردد. در برنامه های آب بندی جهت کنترل و مهار نشت های فعال، شدید و سریع آب از بتن، می توان از ملات آببند آنی گیر استفاده نمود.

موارد مصرف و کاربرد ملات و پوشش آب بند کننده نفوذگر با خواص کریستال شوندگی

از این محصول می توان در موارد ذیل استفاده نمود :
1- آب بندی فشار منفی و مثبت در سطوح عمودی و افقی
2- آب بندی و محافظت مخازن آب و فاضلاب
3- سطوح بتنی در تماس با آب
4- آب بندی فونداسیون و زیرزمین ها

5- آب بندی داخلی و بیرونی دیوارهای بیرونی و حائل
6- کانالها ، تولنها و عرشه پل ها
7- آب بندی و محافظت سطوح بتنی در برابر آب دریا در اسکله ها و بنادر
8- محافظت از فونداسیون های در تماس با خاک و مواد خورنده
9- برای محافظت بتن در برابر تاثیر یون کلر و کربناتاسیون

ویژگی ها و مزایای ملات و پوشش آببند کننده نفوذگر با خواص کریستال شوندگی

1- دوام و آب بندی بلند مدت.
2- اجرای آسان و سریع
3- محافظت از آرماتور در برابر آب و مواد خورنده
4- قابلیت آب بندی در فشار مثبت و منفی
5- غیر سمی و مناسب برای تماس با آب شرب
6- امکان تنفس بتن با وجود خواص آب بندی بالا
7- مقاومت و کارآیی بالا در محافظت در برابر کربناتاسیون و نفوذ یون کلر
8- آب بندی بتن از عمق و عدم آسیب دیدگی لایه آب بند بر اثر عوامل فیزیکی

بعلاوه این محصول از خوردگی آرماتور داخل بتن، ترک خوردن و تخریب های ناشی از عوامل جوی جلوگیری می نماید.

12.آب بند کننده بتن با استفاده از پوشش محافظتی قیری

دسته بندی : آب بندی ثانویه – روش پوشش های حفاظتی

یک پوشش محافظتی پایه قیری می باشد که به منظور ایجاد مانعی دائمی در مقابل عبور آب و بخار آب طراحی شده و می تواند برای ایجاد لایه های مانع تبخیر، پوسته های نم گیر، پوشش مخازن و لوله های آب آشامیدنی، حفاظت از سازه های بتنی زیرزمینی، عمل آوری بتن ضمن حفظ آب و نیز محافظت از سطوح فلزی در برابر خوردگی مورد استفاده قرار گیرد.

خصوصیات پوشش محافظتی قیری

- تک جزیی است و با آب رقیق می گردد.
- خشک شدن سریع
- قابل استفاده بر سطوح مرطوب
- بعد از مصرف و پس از تبخیر آب، خشک شده و یک لایه قابل انعطاف الاستیک از خود ایجاد می نماید.
- پس از خشک شدن در برابر رطوبت مقاوم بوده و در آب حل نمی شود.
- برخورداری از خاصیت حفظ و نگهداری فوق العاده آب به منظور عمل آوری مخلوط بتنی
- چسبندگی عالی به اکثر سطوح رایج در ساختمان
- سهولت در اجرا به سبب رقیق شدن با آب، که می توان از جاروب پلاستیکی، برس، ماله و یا اسپری (پیستوله نازل درشت) برای اجرای آن روی سطح کار استفاده نمود.

موارد مصرف خصوصیات پوشش محافظتی قیری

عایق جهت عایق کاری دیوارها، سقف ها، زیر زمین ها، تونل ها، سردخانه ها، استخر ها، سرویس های بهداشتی، مخازن و مخصوصا فنداسیون ها و محافظت در برابر تاثیر کلر.

13. آب بندی بتن با استفاده از فن آوری در xypex ناتراوا نمودن بتن

دسته بندی : آب بندی ثانویه – روش پوشش های حفاظتی

تکنولوژی کریستالی انحصاری (زایپکس) xypex، یک استاندارد بین المللی بی نظیر در ضد آب کردن بتن تنظیم کرده است.

تکنولوژی xypex به صرت مختلف تست و اثبات شده که در بسیاری از طرح های علمی و عملی استفاده می شود. xypex یک راه حل شیمیایی بی نظیر برای ضد آب کردن، حفاظت و ترمیم و بازسازی بتن است. بتن متشکله از xypex فعال ترین محصول شیمیایی با سیستم ضد آب کردن، حفاظت و ترمیم و بازسازی بتن است. بتن متشکل از xypex فعال ترین محصول شیمیایی با سیستم ضد آب کریستالی است. وقتی که با آب مخلوط می شود، این پودر خاکستری روشن به عنوان پوشش ساده چه پوشش دوگانه به صورت **دوغاب** سیمای بالا و زیر بتن به کار می رود. برای تعمیر کردن ترک خوردگی ها، Dry-pac همچنین به فرم محصولات کریستالی ترکیبات پودری خشکی هستند که از سیمان پرتلند، سنگدانه سیلیکات و مواد شیمیایی فعال و ویژه دیگری تشکیل شده اند. Xypex با ایجاد یک واکنش کاتالیزوری که یک فرم غیر حل شدنی کریستالی با حفره ها و اجزای مویین بتن و مواد سیمانی را تولید می کند که از نفوذ آب و هر مایع دیگری از هر جهتی جلوگیری می کند.

تکنولوژی کریستالی Xypex

Xypes یک راه حل شیمیایی برای ضد آب کردن و حفاظت از بتن است. ویژگی عملکردی موقتی و قابل تشخیص xypes و توانایی منحصر به فرد آن در تولید فرم غیر حل شدنی کریستال با منفذها و کشش مویین قطعات بتن است. یک ساختار کریستالی دائماً بتن را در برابر نفوذ آب و مایعات دیگر از هر جهتی آب بندی می کنند. محصولات کریستالی ترکیبات پودری خشکی هستند که از سیمان پرتلند، شن (ماسته)سیلیکات و مواد شیمیایی فعال و ویژه دیگری تشکیل شده اند.

نتیجه گیری تکنولوژی کریستالی Xypex

آب بندی بتن و قطعات بتنی با توجه به تاثیر آن در دوام سازه و به تبع آن توجیه اقتصادی که به همراه دارد همواره یک اصل مهم برای سازه هایی که در معرض رطوبت هستند می باشد. در سال های گذشته عوامل اجرایی بیشتر از روش هایی برای آب بندی بتن استفاده می کردند که بسیار پرهزینه و دارای مراحل اجرایی دشواری بود و در نهایت نتیجه ای که می بایست حاصل می گردید عملا قابل لمس نبود. پس از ورود مواد افزودنی جدید به دنیای ساخت بتن، تحولی عظیم در تولید بتن با خواص مختلف بوجود آمد. یکی از این خصوصیت ها آببندی بتن می باشد که با ورود مصالح جدید شکل تازهای به خود گرفت. مصالح جدید در زمان اختلاط بتن و پس از بتن ریزی برای قطعات بتنی قابل استفاده بوده و نتایج قابل قبولی از خود نشان داده اند. مهندسان برای سازه هایی که قبلا بتن ریزی شده و به هر دلیلی نفوذپذیری آن قابل کنترل نیست

می توانند با توجه به ضرورت سازه و توجیهات اقتصادی بدون هیچگونه تخریب و اجرای قطعات جدید، نسبت به بهسازی خصوصیات نفوذپذیری و آب بندی سازه اقدام نمایند. این روش علاوه بر توجیه اقتصادی

می تواند در بسیاری از مواقع ضعف های اجرایی را پوشش داده و عملکرد سازه را منطبق بر نظر طراح نماید. ضمن اینکه هر کدام از مواد معرفی شده دارای تکنولوژی خاص تولید می باشد و می توانند در محیط های مختلف با کاربردهای متفاوت مورد استفاده قرار گیرند.

مراجع

1- س. حاجتی ضیابری، "استفاده از فن آوری xypex در ناتروا نمودن بتن" در اولین همایش بین المللی بتن های ناتراوا مخازن ذخیره آب شرب، رشت، 1390.

2- ع. خیری مرغزار، ع. وحیدی، ا. علوی مقدم و ا. قدس، "استفاده از فن آوری نانو در ناتراوایی بتن" در اولین همایش بین المللی بتن های ناتراوا مخازن ذخیره آب شرب، رشت 1390 .

3- ک. دهقانیان، "ساختار کلی دیواره های آب بند بنتونیتی" در چهاردهمین کنفرانس دانشجویان مهندسی عمران سراسر کشور، سمنان، 1387.

4- م. قلهکی و ف. ناطقی، "دیوار آب بند بتن پلاستیک" در اولین همایش بین المللی بتن های ناتراوا مخازن ذخیره آب شرب، رشت، 1390.

5- ع. عجم و ر. مهاجری بر قلعه "بررسی نسبت آب به سیمان بر روی بتن های پلاستیک دیوار آب بند سدها" ، در اولین همایش

ملی سازه، زلزله، زئوتکنیک، بابلسر، . 1389
6- م. نژاد نادری "بررسی عوامل موثر بر آب بند نمودن ساختار جسم بتن" ، در اولین همایش بین المللی بتن های ناتراوا مخازن ذخیره آب شرب، رشت، .1390
7- م. صباغی فیروز آبادی، م. رحمیان، ا. نمازی و م. صداقت "بررسی تاثیرات طرح اختلاط بر تراوایی بتن" ، در اولین همایش بین المللی بتن های ناتراوا مخازن ذخیره آب شرب ، رشت . 1390
8- م. نورپرور، ر. کارباتی اصل و ی. زندی "بررسی تاثیر پوزولان طبیعی بر خواص بتن پلاستیک" در دومین کنفرانس ملی بتن ایران، تهران . 1389
9- ت. قنبری و ز. فر پور "بررسی برخی روشهای محافظت از بتن در برابر نفوذ آب و مواد خورنده" در اولین همایش بین المللی بتن های ناتراوا مخازن ذخیره آب شرب، رشت، . 1390
10- م. نیلی و. خزائی "بررسی آزمایشگاهی اثر تغییرات طرح مخلوط بتن پلاستیک روی خصوصیات آن" در دومین کنفرانس بین المللی بتن و توسعه، تهران، . 1384
11- م. عبدی و ن. ا. نصرالهی "بررسی اثرات فیزیکی و ترکیبات ناشی از واکنش سیمان و بنتونیت در بتن پلاستیک" در دومین کنگره ملی مهندسی عمران، تهران، . 1384
12- ر. کرباسی و ا. نادری "بتن پلاستیک" در اولین همایش بین المللی بتن های ناتراوا مخازن ذخیره آب شرب، رشت، . 1390

روش های نوین آب بندی بتن و اعضای بتنی

میانگین امتیاز کاربران به این صفحه :
| امتیاز 5 از 5 (از 1201 رای)

کفپوش های اپوکسی یا به اصطلاح کفپوش های بدون درز (کفپوش های بهداشتی) از ترکیب مقدار مناسبی هاردنر به همراه رنگدانه ها تهیه می شود از این رو دارای تنوع رنگ زیادی بوده و کیفیت و دوام بالایی دارند و سال ها پس از اجرا نیازی به بازسازی نخواهند داشت. این کفپوش ها به سهولت بر روی تمامی سطوح سیمانی، سنگ، موزاییک و ... قابل اجرا هستند اما توصیه می شود جهت حصول بالاترین کیفیت، قبل از اجرا کلیه سطوح سیمانی مسطح و یک دست شوند. کفپوش های اپوکسی در کارخانجات خودرو سازی، انبار های صنعتی، صنایع نظامی صنایع غذایی، صنایع شیمیایی، داروسازی، کارخانجات شیر و لبنیات، کشتارگاه ها، سردخانه ها، بیمارستان ها، اتاق های تمیز و استریل مورد استفاده قرار می گیرند.

انواع کفپوش های اپوکسی

- کفپوش های ترافیکی اپوکسی که در ضخامت های متفاوت بر اساس نوع و میزان تردد قابل اجرا خواهند بود.
- کفپوش های اپوکسی آنتی استاتیک: این نوع کفپوش بر روی شبکه ای مسی در کف اجرا شده، میزان رسانایی را افزایش می دهد. از کفپوش های اپوکسی آنتی استاتیک در محل سرور ها سالن های تولید و مونتاژ قطعات الکترونیک و ... استفاده می شود.
- کفپوش های اپوکسی ضد اسید: این رزین ها که با اصلاح فرمولاسیون و افزودنی های ویژه، دارای خواص ضد اسیدی بالایی بوده و در بسیاری از کارخانجات باطری سازی، آزمایشگاه ها و ... مورد استفاده قرار می گیرد.

مزایای اجرای کفپوش بدون درز

1. هنگام اجرا دارای بوی کمی بوده که به مرور زمان از بین می رود.
2. با جذب حداقلی آب، پوشش ضد آب مناسبی می باشد لذا به منظور جلوگیری از انتشار آلودگی های ناشی از نفوذ آب مورد استفاده قرار می گیرد.
3. با اجرا بر روی بتن خواصی نظیر مقاومت فشاری، کشش و خمش را در آن به میزان قابل توجهی بهبود می بخشد. برخی از انواع اپوکسی جهت ترک های بتون و آماده سازی آن جهت نصب بولت های تحت فشار و تنش بالا مورد استفاده قرار می گیرد.

4. به جهت مقاومت سایشی بالا به عنوان کفپوش مکان های پر تردد، کف واگن های مترو، انبار ها، پارکینگ ها و ... مورد استفاده قرار می گیرد.
5. عایق مناسبی در برابر جریان الکتریسیته می باشد.
6. قابلیت ترمیم در کوتاهترین زمان را دارد.
7. قابلیت خط کشی و طراحی.
8. زیبایی نهایی و صرفه اقتصادی این کفپوش از دیگر مزایای این کفپوش ها می باشند.

توصیه های مهم در اجرای کفپوش های اپوکسی

1. لازم است قبل از اجرا سطوح از هرگونه چربی، اجزای سست و لغزنده پاک شده خشک شود.
2. کفپوش در زمانی اجرا شود که دمای محیط بین 5 تا 45 درجه سانتی گراد باشد.
3. قبل از مخلوط نمودن روکش و هاردنر لازم است روکش به مدت حدود 2 دقیقه میکس شود.
4. پس از اجرا می توان تجهیزات را توسط تینر اپوکسی شستشو داد.
5. در هنگام اجرا لازم است حتما از دستکش صنعتی و ماسک استفاده شود.
6. پس از مخلوط نمودن مواد حداکثر تا یک ساعت باید پوشش بر روی کف اجرا شود.

بتن مسلح به الیاف پلیمری

تاریخچه بتن مسلح به الیاف پلیمری

انواع مختلف الیاف پلیمری به منظور تقویت مواد با پایه سیمانی به کار گرفته شده است. بسیاری از این الیاف از قبیل پلی پروپلن، پلی اتیلن و پلی استر و اکریلیک نشان داده اند که به طور چشمگیری امکان تقویت را دارند و در حال حاضر به صورت تجاری در دسترس می باشند. انواع دیگر الیاف پلاستیکی از قبیل پلی آمیدهای با مقاومت بالا (نایلون)، الیاف آرامید و الیاف پلی اتیلن با مدول الاستیسیته بالا، کمتر مورد استفاده قرار می گیرد اما نباید نقش تجاری حال حاضر آنها برای تقویت ملات های با پایه سیمانی، ناچیز و بی اهمیت شمرده شود.

بتن مسلح به الیاف پلی پروپلین

در سال 1965 گروه مهندسین ارتش آمریکا الیاف پلی پروپلین را به عنوان تقویت کننده بتن در ساخت سازه های مقاوم در برابر انفجار به کار بردند. آنها دریافتند که اضافه کردن مقدار کمی از الیاف پلی پروپلین به بتن (کمتر از ٪0.5 حجمی) منجر به افزایشی اساسی در انعطاف پذیری و مقاومت ضربه ای می شود. از زمان کار گلدفین در سال 1965 الیاف پلی پروپلین نه تنها به عنوان یک منبع اولیه در تقویت بتن، بلکه به عنوان مکملی جهت بهبود برخی خصوصیات مصالح بتن به کار رفته است.

الیاف پلی پروپلین

پلی پروپلین نوعی پلیمر مصنوعی هیدروکربنی است. الیاف پلی پروپلین با فرایند بیرون کشیدن مصالح به حالت داغ از میان روزنه های قالب ساخته می شود. نسبت کشش که میزان کشیدگی است در طول ساخت الیاف اعمال می شود، عامل جهت گیری مولکولی و تبلوری است، که خصوصیات فیزیکی الیاف را مشخص می کند. نسبت های کشش معمولاً برای الیاف پلی پروپلین در حدود 8 می باشد. الیاف پلی پروپلین یا به شکل تک رشته های استوانه ای پیوسته است که می توانند در طول های خاصی قطعه قطعه شوند تولید می گردد و یا به شکل صفحات نازک یا نوارهایی هستند که می توانند به صورت الیاف کوچکی با مقطع عرضی مستطیلی رشته رشته شوند. منظور از رشته رشته کردن صفحات نازک پلی پروپلین، قسمت کردن به قطعات باریک است به طوری که به صورت شبکه باز شده ای از الیاف گسترش یابند. الیاف تک رشته ای پلی پروپلین گرانتر از الیاف حاصل از صفحات نازک رشته ای یا الیاف نواری هستند و به دلیل سطح نسبتاً کوچکشان، پیوستگی ضعیفی با ملات سیمان دارند. در حال حاضر چندین تولید کننده از جمله شرکت فرتا و شرکت فایبرمش، الیاف پلی پروپلین خصوصیات مختلفی دارند که آنها را به طور ویژه ای برای استفاده در بتن سازگار می سازد. به خصوص که الیاف پلی پروپلین به طور شیمیایی بی اثر و سبک وزن هستند و از نظر هزینه با سایر انواع الیاف رقابت

می کنند. علاوه بر آن الیاف پلی پروپلین آبگریز هستند بنابراین نمی توانند آب جذب کنند و تاثیری بر روی آب لازم برای مخلوط بتن ندارند. با این حال برخی معایب الیاف پلی پروپلین پیوستگی شیمیایی ضعیف با ملات سیمانی، نقطه ذوب پایین (تقریباً F°329 ، C°165) ، قابلیت احتراق و مدول الاستیسیته نسبتاً پایین می باشند.

برخی از خصوصیات الیاف پلی پروپلین در جدول 1 داده شده اند :

جدول 1 ویژگی های شاخص الیاف پلی پروپلین

الیاف	مدول یانگ (kg/cm^2)	مقاومت کششی (kg/cm^2)	وزن مخصوص
پلی پروپلین	34475	7000500	9/0

معادل متریک : ksi=6.895MPa

خصوصیات بتن مسلح به الیاف اکریلیک

مقالات بسیار کمی در رابطه با خصوصیات بتن مسلح به الیاف اکریلیک منتشر شده است. اکثر تحقیقاتی که تاکنون بر روی خصوصیات AFRC انجام شده است متعلق به سازمان های تولید کننده الیاف بوده است. با این وجود مطالعات انجام شده توسط دنیل و اندرسون اطلاعات ارزشمندی درباره تاثیرات برخی عوامل تولید بر روی عملکرد ترکیبات مسلح به الیاف اکریلیک با مقاومت کششی بالای اوچست، Dolanit-10 فراهم کرده است بررسی های دنیل و اندرسون، تاثیرات مقدار الیاف اکریلیک، مقادیر الیاف پردازش شده و نوع آن و نیز فشار تراکم وارده در حین ساخت را بر روی خصوصیات مکانیکی AFRC تعیین کرده است. در تلاشی که جهت شبیه سازی فرایند هاتس چک، انجام شد، ترکیباتی با استفاده از مکنده آب زدا و روش های تراکم ساخته شدند. فرایند هاتس چک، معمولاً برای تولید صفحات سیمانی- الیافی در مقیاس های بزرگ تجاری به کار می رود. نتایج آزمایش های مقاومت خمشی به عنوان مبنای ارزیابی عملکرد ترکیب به کار می رود. نتایج آزمایش های مقاومت خمشی به عنوان مبنای ارزیابی عملکرد ترکیب به کار گرفته شدند. در یک سری از آزمایش ها، ترکیبات AFRC با درصدهای مختلف الیاف اکریلیک مورد مطالعه قرار گرفتند. الیاف اکریلیک در محدوده 1 تا 3 درصد وزنی قرار داشتند. الیاف پردازش شده در این نمونه ها شامل ٪1.5 وزنی خمیر سلولز و ٪1.5 وزنی خمیر پلی اتیلن بودند. متوسط مقاومت خمشی در مقابل مقادیر **الیاف اکریلیک** در شکل 1 نشان داده شده است. همان طور که در این شکل دیده می شود با افزایش مقدار اولیه الیاف اکریلیک، مدول گسیختگی MOR تمایل به افزایش، و حد تناسب الاستیک PEL تمایل به کاهش دارد.

بررسی ها همچنین نشان داده اند که درصد وزنی نهایی الیاف پردازش شده تاثیر کمی بر متوسط مقاومت خمشی ترکیب دارد. همچنین با افزایش فشار تراکم در طی فرایند ساخت از 500 به 3.51500) psi به Mpa10.5)، متوسط مقاومت خمشی افزایش می یابد.در مجموعه ای دیگر از آزمایش ها، Donalit-10 AFRC با نتایج آزمایش Manville Flexboard II (غیر آزبستی)، Eternit Shingles (غیر آزبستی(و صفحات سیمان آزبستی Monville Transite مقایسه شدند. نتایج مقاومت خمشی 28 روزه در جدول 1 نشان داده شده است. نمودار تنش خمشی در مقابل خیز در شکل 2 آمده است.

محتوای الیاف آکریلیک ، درصد حجمی

شکل 1 متوسط مقاومت خمشی در مقابل محتوای الیاف اکریلیک

جدول 1 ویژگی های شاخص الیاف آکریلیک

مخلوط	نوع محتوای الیاف، درصد وزنی	PEL، psi	MOR psi، psi
Dolanit-10 AFRC	2	1200	2000
Manville Flexboard II	3- 4	1890	2100
Eternit Shingles	2	1050	1495

مخلوط	نوع محتوای الیاف، درصد وزنی	PEL، psi	MOR psi، psi
Mnville Transite صفحات آزبستی، سیمانی	16- 20	4500	4500

معادل متریک1psi=6.895kPa :

خیز، *in*

شکل 2 تنش خمشی در مقابل خیز برای Manville Flexboard II, Dolanit-10 AFRC وEternit Shingles و سیمان آز بستی.

همانطور که در شکل 2 نشان داده شده است، سیمان های آزبستی مصالحی با مقاومت بالا و شکننده هستند. هرچند خصوصیات ملات با اضافه کردن الیاف آزبستی بهبود می یابد، اما اگر طاقت پس ترک خوردگی توسط الیاف آزبستی تامین می شود، این بهبود خیلی کم خواهد بود.

Manville Flexboard II, Dolanit-10 AFRC و Eternit Shingles طاقت پس ترک خوردگی و انعطاف پذیری بسیار بیشتری نسبت به سیمان های آزبستی در سن 28 روز نشان می دهد. دلیل این امر آن است که شکست ترکیب توسط مکانیزم تقویتی الیاف یا به عبارتی ترک خوردگی چند شاخه به همراه بیرون کشیدگی عمده الیاف کنترل می شود.

حتی اگر مقاومت های خمشی ترکیبات جایگزین آزبست قابل مقایسه با صفحات سیمان آزبستی نباشند، باز هم این ترکیبات دارای مقاومت کافی برای تامین عملکرد بسیار مطلوب در بسیاری از کاربردهای ساختمانی می باشند. به علاوه مزیت مهم طاقت پس ترک خوردگی که در ترکیبات با الیاف غیر آزبستی ایجاد

می شود، در بسیاری از کاربردها ضروری است.

پوشش پلیمری (کفپوش های اپوکسی و پلی یورتان) چیست

هر آنچه که باید درباره پوشش های پلیمری بدانید

الف) مواد پوششی

منظور از مواد پوششی در این استاندارد، ترکیباتی هستند که بدون نیاز به اعمال حرارت سخت می‌شوند. این گروه از مواد به روش های مختلفی از جمله استفاده از قلم مو، غلتک، اسپری، ماله و شانه بر روی سطوح بتونی در یک یا چند لایه اجرا می شوند. آن مواد می توانند بدون حلال و یا با حلال اجرا گردند.

ب) سیستم پوششی:

یک سیستم پوششی متشکل از یک یا چند پوشش و یا لایه می‌باشد. فهرست انواع سیستم‌های پوشش پلیمری در جدول آمده است. جهت رسیدن به مقاومت های شیمیایی، مکانیکی و حرارتی مورد نیاز، می توان ترکیبی از سیستم های اشاره شده در جدول را استفاده نمود.

ج) مواد نفوذ کننده

مواد آب‌بند کننده اغلب بر پایه رزین اپوکسی با ویسکوزیته پایین می‌باشند. این مواد به راحتی داخل سطوح بتونی نفوذ کرده و یا به عبارت دیگر توسط سطوح بتنی و سیمان به راحتی جذب می‌شوند. از آنها برای ایجاد سطوح کف بتونی سخت در ساختمان های صنعتی، افزایش مقاومت سایشی بتون و نیز ضد گرد و غبار کردن سطوح بتنی استفاده می شود.

د) پرایمرها

از پرایمرها برای آب بند کردن تخلخل موجود در سطوح بتونی استفاده می شود. پرایمرها پایه اصلی پوشش هایی هستند که بعدا اجرا خواهد شد. پرایمرها از مواد رزینی با ویسکوزیته پایین درست می شوند که اکثرا در داخل آنها از حلال و یا رقیق کننده های

واکنش‌گر استفاده شده است. آنها می توانند حسب نیاز بر پایه رزین‌های غیر از رزین هایی که بعدا به عنوان لایه های میانی و نهایی اجرا میشوند، انتخاب گردند. بر حسب نیاز، پرایمرها می توانند در یک یا چند لایه اجرا شوند. توصیه می گردد تا بر روی پرایمری که به تازگی اجرا شده و هنوز سخت نشده است از پاشیدن پودر سیلیس استفاده شود تا باندینگ مکانیکی بین پرایمر بتن و لایه های بعدی ایجاد شود. در صورت استفاده از سیستم ماله کشی آسفالتی نیاز به پرایمر قیری و یا رزینی دارای مقاومت حرارتی بالا توصیه می شود.

ه) لایه های میانی

از لایه میانی جهت تسطیح سطوح بتونی و نیز پر کردن خلل و فرج موجود در بتون استفاده می شود. در عین حال از لایه های میانی به عنوان لایه ای که از واکنش لایه های بعدی سیستم پوششی با سطح زیر کار جلوگیری می کند نیز استفاده می شود به عنوان مثال در صورتی که لایه های بعدی سیستم پوششی بر پایه رزین های فوران یا فنل فرمالدئید باشند، وجود کاتالیست های اسیدی برای سخت کردن رزین های فوق، باعث خوردگی سطح بتونی زیر کار می شود، به همین منظور اجرای یک لایه واسطه به عنوان لایه میانی ضروری است. لایه های میانی نیز می توانند مانند پرایمرها از رزین های غیر از رزین های مورد استفاده در لایه بعدی، انتخاب گردند.

و) پوشش های ماله کشی

پوشش های ماله کشی بر حسب نوع رزین مورد استفاده در آنها می توانند در یک یا چند لایه اجرا شوند. این نوع از پوشش ها می توانند به صورت های سخت و شکننده و یا نرم باشند.

ز) پوشش های خود تراز

این گروه از پوشش ها می توانند در یک یا چند لایه اجرا شوند. پوشش های خود تراز از ریختن مواد بر روی سطوح که خود به خود پخش و تراز می‌شوند، ایجاد می گردد. پوشش های فوق نیز می توانند بر حسب رزین مورد استفاده در آنها به صورت سخت و یا نرم باشند.

ح) پوشش های مسلح شده با الیاف

پوشش های مسلح شده از یک یا چند لایه الیاف که بوسیله رزین های لیست شده در جدول اشباع می‌گردند، تشکیل شده است. ضخامت هر یک از لایه ها بستگی به نوع مواد تقویت کننده و وزن آنها و ضخامت کل پوشش بستگی به تعداد لایه های تقویت کننده مورد استفاده دارد. توصیه می شود که رزین مورد استفاده برای اشباع تمامی لایه های تقویت کننده یکسان باشد.

ط) پوشش های نهایی

پوشش های نهایی در یک یا چند لایه از همان پایه رزینی که در لایه مسلح شده استفاده شده است و یا پایه رزینی مقاوم تر، بر روی لایه تقویت شده با الیاف اجرا می شود. در پوشش نهایی اجرا شده بر روی لایه مسلح شده، می توان از الیاف roving یافته نشده نیز استفاده کرد. این الیاف در آخرین لایه پوشش مسلح به وسیله غلتک فشار داده می شود و سپس با رزین پوشش نهایی اشباع می گردد. در صورتی که پوشش های نهایی مستقیماً بر روی پرایمر اجرا شوند وظیفه لایه آب‌بند را نیز به عهده خواهند گرفت.

ی) لایه های آب بند

شمشه کشی‌های بر پایه آسفالت به وسیله لایه ای آب بند، نفوذ ناپذیر می‌شوند. این لایه ها از ورق‌های قیری که دارای پشتیبان‌های فلزی و یا پلیمری می‌باشند. تشکیل شده است.

ک) شمشه کشی ها

منظور از لایه شمشه کشی، یک لایه کاملاً فشرده می باشد که بر روی سطوح بتونی به منظور رسیدن به مقاومت‌های بالای شیمیایی و مکانیکی اجرا می شود که به دو دسته رزینی و آسفالتی تقسیم‌بندی می‌شوند. در شمشه کشی های رزینی، از یک

عامل پیوند دهنده رزینی به همراه دانه‌بندی‌های مختلف پودر سیلیس استفاده می‌شود.

ل) پوشش های آب بند

از پوشش های آب بند که همان پوشش های نهای نیز می‌باشند به منظور تامین نیازهایی مانند رنگ، همواری و صاف بودن، آب بندی و رسانایی الکتریکی استفاده می شود. پایه رزینی مورد استفاده در لایه آب بند معمولاً همین رزینی است که در لایه های قبلی نیز از آن استفاده شده است.

کفپوش اپوکسی

کفپوش اپوکسی به عنوان یک کفپوش ایده آل برای کف های بتنی و فلزی در کارگاهها، کارخانه ها، انبارهای صنایع شیمیایی، غذایی، دارویی، الکترون کیی، نساجی، بیمارستان ها، سالن های ورزشی، فرودگاه ها و... است. کف پوش اپوکسی از اختلاط رزین اپوکسی و یک سخت کننده بدست می آید. براساس کاربرد فضایی که کف پوش اپوکسی در آن اجرا می شود، مواد موثر در کیفیت آنها متفاوت است. به عنوان مثال رزینی که در فضاهای بیمارستانی استفاده می شود با رزین کفپوش سطح سالن های ورزشی متفاوت است. کفپوش اپوکسی معمولا در سه مرحله اجرا می شود، زمان مناسب برای اجرای هر لایه حدود 4 تا 5 ساعت است. زمان اجرای آن نسبت به پی .وی. سی های تایلی یا رولی بیشتر است، اما چسبندگی آنها به سطح زیرین شان بیشتر است. پس از نصب کفپوش 24 تا 48 ساعت روی محل حرکت نکنید.

مزایای کفپوش اپوکسی

این کفپوش، مایع یکپارچه ای از رزین اپوکسی به ضخامت 5/ 0 تا 5 میلی متر در رنگ ها و طرح های مختلف است از خصوصیات این کف پوش می توان به موارد زیر اشاره کرد

مقاومت بالا در برابر حلال ها، اسیدها، بازها و نمکها

عدم جرم پذیری

خاصیت ضد باکتریایی در نوع ویژه اپوکسی

طول عمر بالا

تنوع رنگ و طرح

نظافت راحت

مقاومت مکان کیی و عدم ترک خوردگی

یکپارچگی

مراحل اجرای کفپوش اپوکسی

الف) ساب زدن کف و زدودن گردوغبار محیط

برای ایجاد سطحی تراز، بدون فرورفتگی و برجستگی، قبل از شروع کار باید کاملاً سطح صاف شده و تراز شده و گرد و غبار ناشی از ساب زدن از روی سطح و کل فضا زدوده شود. در صورت نیاز درزها، ترک ها و فرورفتگی های کف باید تعمیر، پر و هم سطح شوند. دمای مناسب برای اجرای کف پوش اپوکسی حدود 25 سانتی گراد است.

ب) اجرای پرایمر

پرایمر ماده ای است با پایه اپوکسی که برای نفوذ بهتر به سطوح زیر **کف سازی صنعتی** رقیق می شود. اجرای ملات برای مسطح کردن سطح ساب زدن برای ایجاد سطح کاملاً صاف گرفتن گرد و غبار کف

ج) ریختن مرحلهٔ اول کفپوش اپوکسی

در این مرحله یک لایه اپوکسی روی کف ریخته می شود. در محل هایی که درز وجود دارد، امکان ترک خوردگی در آن قسمت ها بیشتر است به همین علت از توری پلیمری در این نواحی استفاده می شود. گاهی برای بالا بردن کیفیت کار، کل کف را با توری

پلیمری می پوشانند. پس از نصب توری ها مجدد روی آن مواد اپوکسی ریخته شده و پس از خشک شدن کل سطح را ساب می زنند. ساب در این مرحله بسیار نرم است زیرا ناهمواری ها کم و ناچیز است. پس از اتمام این قسمت گرد و غبار ناشی از ساب زدن باید جمع آوری شود که به جهت این کار از جارو برقی های صنعتی استفاده می شود.

د) ریختن مرحله دوم کفپوش اپوکسی

روکش نهایی در این مرحله اجرا می شود و دانه های رنگی با توجه به رنگ مورد نظر به مواد اپوکسی افزوده می شود. کفپوش اپوکسی مایع و کف پوش پلی یورتان (برای فضاهای خارجی) پس از خشک شدن بدون درز و نفوذناپذیر بوده و امکان شست و شوی روزمره و مداوم را داشته و در برابر انواع مواد خورنده که در مواد ضدعفونی کننده وجود دارند مقاوم است. در مقابل قارچ و کپک نیز نفوذ ناپذیر بوده اما کفپوش های تایلی یا رولی این خاصیت را ندارند.

یکی از انواع کفپوش های اپوکسی کف پوش گرانیتی اپوکسی است. از این کف پوش برای کف سازی دکوراتیو منازل، مراکز تجاری و خرید، اماکن توریستی، رستوران ها، سینماها و... استفاده می شوند. این کف پوش با طرح های گرانیتی اجرا می شود. اجرای آن همانند روش گفته شده است با این تفاوت که برای ایجاد طرح گرانیتی، رنگدانه ها روی سطح پاشیده می شوند تا شکل نهایی آن شبیه گرانیت باشد کفپوش اپوکسی در برابر اشعه خورشید مقاوم نیست.

کفپوش پلی یورتان

برای فضاهای باز و سالن های ورزشی از کف پوش پلی یورتان که مقاومت بالاتری داشته و در برابر اشعه خورشید نیز مقاوم است استفاده می شود خصوصیات فنی کف پوش پلی یورتان عبارت اند از

1.مقاومت بالا در برابر سایش

2.قابلیت اجرا در فضاهای باز و سر پوشیده

3.الاستیسیته و انعطاف پذیری نسبی

4.امروزه استفاده از کف پوش های اپوکسی و پلی یورتان مخصوص پارکینگ ها که قابلیت اجرا بر روی رمپ ها را نیز دارند در حال متداول شدن است

بررسی وضعیت سطوح بتنی جهت کفپوش های رزینی

برای اجرای انواع کفپوش ، پوشش ، مخصوصا کفپوش (روکش) اپوکسی صنعتی ، کفپوش اپوکسی آنتی باکتریال (بهداشتی) ، کفپوش اپوکسی آنتی استاتیک ، روکش و پوشش اپوکسی ، کفپوش اپوکسی ضد اسید ، کفپوش پلی یورتان ، کفپوش پلی یورتان صنعتی ، کفپوش پلی یور تان ورزشی باید آماده ساز ی سطوح به نحوه مناسب و استاندارد انجام گیرد که در این متن سعی شده است این شرایط معرفی گردد. سازه های بتونی که در معرض مواد شیمیایی خورنده قرار می گیرند می بایست دارای شرایطی باشند که بتوان بر روی آنها پوشش های ضد خوردگی شامل انواع پوشش های رزینی، کاشی کاری و آجرکاری صد اسید را اجرا نمود. پوشش ها و لاینینگ های ضد خوردگی می بایست به صورت محکم و مطمئن به سطح بتونی زیر کار بچسبند که در این خصوص سازه بتونی باید طوری ساخته و اجرا گردد که دارای ماکزیمم قدرت نگهداری پوشش و نیز از مقاومت کششی خوبی برخوردار باشد. بطور کلی پوشش ها و لاینینگ های حفاظتی پشتیبان و نگهدارنده خود نمی باشند (بجز لاینینگ داخل پیت ها و مخازن که در آنجا پوشش از یک خود پایداری و ایستایی مناسب برخوردار می باشد) و معمولا در مقابل تنش های خمشی ضعیف عمل می کنند.بنابراین سازه بتونی مسلح باید بتواند تا حد امکان از تغییر شکل های ناشی از بارهای خمشی و ارتعاشی جلوگیری کند همچنین می بایست از ایجاد ترک در بتون که ناشی از نشست و یا انقباض بتون می باشد و نیز بارهای تنشی جلوگیری گردد.با توجه به اینکه پوشش ها و مواد حفاظتی دارای مشخصات فیزیکی بسیار متفاوت با بتون می باشند لذا بارهای ناشی از آن می بایست در نظر گرفته شده و محاسبه گردد. به خصوص زمانی که سازه بتونی تحت تاثیر دماهای بالا قرار می گیرد.باتوجه به موارد فوق الذکر می توان به نتایج بشرح ذیل برسیم ودرآماده سازی سطوح کف پوش ها ، پوشش ها وکلا"در سیستم های حفاظت سطوح بکار ببریم و در صورتی که این موارد در سازه های در معرض مواد شیمیایی خورنده رعایت نگردد، عواقب بسیار خطرناکی به وجود خواهد آمد:

-1ساختمان باید مطابق با قوانین جاری برای تحمل کلیه بارهای قابل انتظار شامل تنش های حرارتی به درستی محاسبه گردد. در ضمن در صورتی که قرار باشد یک لایه حایل یا بازدانده (membrane) بر روی بتون اجرا گردد، باید از ایجاد ترک در آن که معمولاً در کارهای ساختمانی معمولی مجاز می باشد تا امکان اجتناب گردد.

-2جزئیات نقشه آرماتوربندی باید به دقت بر طبق محاسبات (مقاومت در مقابل گشتاورها و نیروهای برشی، عدم وجود انکر فولادی حمال بار در منطقه تنش کششی و غیره) اجرا گردند.

-3قالب بندی، ریختن و فشرده سازی بتون و خم کردن، قراردادن و اتصال آرماتورها باید در محل ساختمان مطابق با نقشه مهندس ساختمان اجرا گردد.

-4تجربه نشان داده است که بهترین سطح بتنی جهت اجرای پوشش ها حفاظتی، سطوحی است که بصورت تخته ماله ای (ماله چوبی) اجرا شده است چرا که از لحاظ زبری مناسب بوده و ماکزیمم باندینگ مکانیکی را با پوشش بر قرار می کنند. در صورتی که سطوح بتونی با روش قالب بندی فلزی اجرا شده باشند می بایست با روش هایی مانند سند بلاست به زبری مورد نیاز رسید. سطوح بتونی صاف که در نتیجه استفاده از مواد کمکی برای جدا شدن قالب بندی و استفاده از قالب بندی فولادی حاصل می گردند به مانند روغن قالب ها که به نوع های رزینی و پایه آبی هستند. بنابراین بهترین های سطوح بتنی در جهت ایجاد کفپوش های رزینی (اپوکسی و پلی یورتان) سطح صیقلی نیاز نیست باشند و در نهایت یک سطح صاف بهترین شرایط را برای ایجاد این کفپوش ایجاد می کنند.

ارزیابی وضعیت سازه عبارت است از فرایند جمع آوری مشاهدات و داده ها و بکارگیری سیستماتیک از آنها برای ارزیابی وضعیت یک سازه مورد نظر. فرایند ارزیابی هر سازه متناسب با آن سازه طرح و اجرا می گردد. مراحل لازم جهت طرح و اجرای بهینه برنامه ارزیابی وضعیت یک سازه ، بر مبنای قضاوت مهندسی و شرایط حاکم بر سازه مانند نوع و هندسه سازه، بارگذاری وارد برآن و.... بستگی دارد. کارشناسان فنی افیر راهکارهای هوشمندانه و خلاقانه ای را برای ارزیابی وضعیت سازه های مختلف همچون ساختمان های مسکونی و تجاری، پل ها و.... طراحی و ارائه می نمایند. به همین منظور تیم مهندسی با تجربه ما برای شناسایی اهداف پروژه و طراحی و اجرای برنامه ارزیابی های اولیه و ارزیابی تفصیلی همواره در کنار شما خواهند بود. در این شرکت ارزیابی های اولیه شامل بررسی مدارک ، بازرسی میدانی و ثبت گزارشات فنی در کنار ارزیابی تفصیلی وضعیت سازه با استفاده از آزمایشهای تخصصی صورت می گیرد که در ادامه به طور کامل به هر کدام اشاره خواهد شد. متناسب با نیاز شما به عنوان مالک یک ساختمان مسکونی و یا مسئول ترمیم و نگهداری یک سازه خاص، مقاوم سازی افزیر این امکان را دارد به منظور ارزیابی وضعیت سازه شما انواع تستهای مخرب و غیر مخرب را با ارائه توجیه فنی و اقتصادی اجرا نماید. همچنین کارشناسان فنی بخش ارزیابی و پایش سلامت سازه، جهت طراحی و اجرای طرح های پیشنهادی خود از معتبرترین آیین نامه ها و مدارک فنی موجود استفاده می کنند.

ارزیابی اولیه وضعیت سازه:

در بخش ارزیابی اولیه سازه فرایند جمع آوری مشاهدات و داده های فنی به منظور تحلیل اولیه آن اجرا می گردد. هرچند گزارش ارائه شده پس از ارزیابی اولیه وضعیت سازه دارای ماهیتی کیفی بوده تا کمی، جهت حوصل اطمینان از بررسی تمامی المان های آسیب دیده و ارائه مشاوره فنی می بایست مراحل این بخش به صورت سیستماتیک ارائه گردد.

ارزیابی تفصیلی وضعیت سازه:

هدف اصلی از ارزیابی تفصیلی مشخص نمودن کفایت سازه و یا بخش از آن جهت کاربری مورد نظر و در برابر بارهای وارده می باشد. ارزیابی تفصیلی می تواند محدود به بخشی از ساختمان باشد و یا مفهوم سازه ای خاصی (نظیر باربری لرزه ای) را در کل سازه مد نظر قرار دهد

ارزیابی اولیه وضعیت سازه

1. مطالعه اسناد و مدارک موجود: در این مرحله بیش از بازدید فنی از سازه و ساختمان، کارشناس فنی ما تمامی مدارک فنی و نقشه های مرتبط با سازه شما را مطالعه و مورد بررسی دقیق قرار میدهد.

2. بازدید کارشناسی اولیه از سازه:در این مرحله و پس از مطالعات اولیه مدارک موجود، کارشناس فنی با انجام بازدید، می تواند آسیب های سازه ای وارده را مشخص کند.
3. مدل سازی و تحلیل عددی مقدماتی: جهت شناخت دلایل آسیب های وارده و راهکارهای مورد نیاز جهت مقاوم سازی، سازه مورد نظر با استفاده از مدل های ساده تر مورد تحلیل قرار می گیرد.
4. ارائه گزارش فنی:د ر این بخش، گزارش فنی کاملی از وضعیت سازه به صورت کتبی به کارفرما جهت اتخاذ تصمیم مناسب و لزوم و یا عدم لزوم به انجام ارزیابی تفصیلی سازه ارائه می گردد.

ارزیابی تفصیلی وضعیت سازه

1. بررسی دقیق اسناد و مدارک فنی: در این مرحله کلیه نقش ها و مدارک فنی مرتبط با سازه مورد نظر به صورت دقیق و با جزییات کامل مورد بررسی کارشناسی قرار می گیرد.
2. بررسی سیستماتیک و علمی وضعیت سازه: هدف از این مرحله شناخت هرگونه آسیب سازه ای شامل وادادگی مصالح، تغییر شکل های بیش از اندازه در المان های سازه ای و... می باشد.
3. انجام انواع تست تخصصی: در این بخش متناسب با هدف مورد نظر از انواع تستهای مخرب و غیر مخرب (NDT) استفاده می گردد.
4. تحلیل پیشرفته سازه مطابق استانداردهای معتبر: به منظور تعیین دقیق پاسخ المان آسیب دیده، نسبت با بار اولیه طراحی و بار وارده بر آن از تحلیل های پیشرفته استفاده می گردد.
5. ارائه گزارش فنی و پیشنهاد راهکار ترمیم و مقاوم سازی سازه: در این مرحله نتایج حاصل از مراحل قبل با جزییات دقیق به کارفرما ارائه می گردد. همچنین متناسب با نیاز پروژه بهینه ترین راهکار ترمیم و مقاوم سازی به شما پیشنهاد می گردد.

روش های تشخیص و نمایان سازی آسیب و ترک با توجه به اهمیت آن در شکست سازه ای، موضوع تحقیقات گسترده ای است که در حال انجام است. امروزه دلیل بسیاری از شکست های سازه ای، گسیختگی مواد تشکیل دهنده ی آن است. آغاز این گسیختگی ها با ترک توام بوده که با گسترش خود به عنوان تهدید جدی برای رفتار سازه محسوب می شود. بر این اساس روش های تشخیص و نمایان سازی آسیب و ترک موضوع تحقیقات متعددی است که تاکنون انجام شده و کماکان ادامه دارد. پایش سلامت سازه ای روندی برای بدست آوردن اطلاعات دقیق لحظه ای از شرایط و عملکرد سازه ای می باشد. در مبحث پایش سلامت سازه ای آسیب به عنوان تغییراتی که در طول بهره برداری از سازه رخ می دهد تعریف می گردد و شناسایی آسیب به کلیه روش ها و تکنیک هایی اطلاق می گردد که وجود خرابی را تشخیص و موقعیت و شدت خرابی را بیان می کند. در سال های اخیر، با پیشرفت های صورت گرفته در عرصه علمی، روش های پایش از راه دور با استفاده از لیزر، سنسورهای فیبرنوری، تکنیک های جمع آوری داده ها از راه دور و تکنیک های پردازش تصویر صورت می گیرد. یکی از روش های تشخیص خرابی، روش های دینامیکی مبتنی بر پردازش سیگنال می باشد. در طول بهره برداری از یک سازه مانند قاب های با اندازه بزرگ، ساختمان های بلند مرتبه و پل ها، ممکن است ترک های موضعی و نهفته داخلی سازه به طور پیوسته افزایش یافته و در نهایت باعث فرو ریختن کل سازه شود. تاثیر ترک در ساختار سازه به صورت تغییرات موضعی سختی است که این تغییرات در ساختار دینامیکی سازه اثر قابل توجهی دارد این موضوع در تغییر فرکانس طبیعی قابل مداخله بوده و تحلیل این تغییرات، شناسایی ترک را ممکن می سازد. امروزه صاحبان ساختمان ها نیازمند حس اطمینان خاطر در خصوص دارایی های ملکی خود هستند. مالکان برج ها و ساختمان ها می خواهند پاسخ این سوال را بدانند که آیا ساختمان شان بعد از رخداد ارتعاشی مانند زلزله یا باد شدید دچار آسیب می شود یا خیر؟

شیوه کلاسیک و قدیمی پایش و سلامت سازه ای

بر اساس شیوه ی کلاسیک و قدیمی، بررسی وضعیت سازه با استفاده از بازبینی چشمی توسط یک متخصص انجام می شود که این مساله چند ضعف عمده دارد:

-1 طبیعتا خطای این روش بالاست.
-2 پوشیده بودن اجزای اصلی و شروع خرابی ها از بخش های داخل المان.
-3 امکان دسترسی به بسیاری از بخش های برخی از سازه ها به طور کلی وجود ندارد.
-4 اعلام هشدار قبل از خرابی سازه و تعیین مسیرهای امن سازه در مواقع بحرانی مانند زلزله.
-5 در بسیاری از خرابی ها در مقیاس کوچک قابلیت آشکارسازی با بازرسی چشمی وجود ندارد.
-6 بازرسی تمام نقاط سازه امکان‌پذیر نیست.

دلایل نیاز به پایش سلامت سازه

1. آسیب پذیر بودن سازه های فرسوده در برابر بارهای تصادفی
2. پایش عملکرد سازه پس از زلزله
3. رویکرد آیین نامه های جدید جهت افزایش طول عمر سازه
4. برنامه ریزی جهت اجرای به موقع طرح های ترمیم و مقاوم سازی
5. طراحی سازه بر مبنای فلسفه طراحی-عملکردی

مزایای پایش سلامت سازه ای

1. امکان پایش مستمر سازه
2. شناسایی آسیب های وارد بر سازه در مراحل اولیه آن
3. شناخت دقیق تر از عملکرد سازه در برابر بارهای وارده برآن
4. کاهش زمان و هزینه مورد نیاز جهت بازرسی المان های سازه ای
5. کاهش هزینه های مورد نیاز جهت ترمیم و مقاوم سازی سازه
6. افزایش عمر سرویس دهی سازه

مراحل پایش سلامت سازه ای

1. پایش عملکرد سازه از طریق نصب تجهیزات و سنسورها و جمع آوری داده ها
2. تجزیه و تحلیل داده های بدست آمده با استفاده از نرم افزارهای تخصصی
3. ارائه راهکار متناسب با نتایج بدست آمده از تجزیه و تحلیل داده

پارامترهای پایش سلامت سازه ای

1. تنش های وارده بر المان سازه ای
2. جابجایی المان سازه ای
3. تغییرات بارهای وارده بر المان سازه ای
4. تغییرات دما در المان سازه ای
5. ارتعاش وارده بر المان سازه ای
6. تغییرات عرض ترک خوردگی
7. نشست در سازه
8. خوردگی در المان سازه ای

در مواردی برای **تقویت و مقاوم‌سازی سازه های بتنی** نیاز است کاشت میلگرد در بتن است. یکی از مهمترین تحولات در ساخت و ساز سازه های بتنی قابلیت اتصال بتن جدید به قدیم و **اتصال اجزا و سازه های فولادی به سازه های بتنی** موجود با استفاده از **روش کاشت آرماتور و بولت** می‌باشد. **اتصال و چسب کاشت** تعبیه شده بین دو المان، می‌بایست جوابگوی نیروهای وارده به

دو المان را از هر لحاظ دارا باشد. در مجموع **روش کاشت بولت و آرماتور** یکی از کاربردی ترین و اقتصادی ترین روش‌های **تقویت سازه** می‌باشد که امکان اصلاح نواقص اجرائی و اعمال تغییرات نقشه‌های اجرائی و یا در طرح های **مقاوم سازی ساختمان** ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. داشتن دانش کافی طراحی و اجرای کاشت میلگرد و آرماتور در بتن از اهمیت بالائی برخوردار است. در این میان انتخاب نوع **چسب کاشت میلگرد** نیز جهت ایجاد اتصال هرچه بهتر بین بتن و آرماتور از اهمیت بسزائی برخوردار است. در بیشتر موارد همچنین **اجرای سیستم کاشت** باید به صورتی انجام پذیرد که مقاومت کششی بیشتر از **مقاومت کششی میلگرد** داشته باشد کاشت آرماتور و کاشت بولت به سه روش زیر انجام می‌شود:

1- کاشت آرماتور و بولت با استفاده از مواد پایه سیمانی

2- کاشت بولت و آرماتور با استفاده از چسب کاشت اپوکسی (چسب کاشت شیمیایی)

3- کاشت آرماتور و بولت با استفاده از مهار مکانیکی

روش کاشت آرماتور با استفاده از مواد پایه سیمانی

در پروژه‌های ساختمانی به دلیل فراموشی در تعبیه ریشه‌های ستون یا دیوار برشی، اجرای ستون در محل‌هایی غیر از محل استقرار ستون در نقشه، رفع خطا در محل میلگردهای انتظار و بالاخره عملیات بهسازی و بازسازی ساختمان از روش کاشت پایه سیمانی استفاده می‌شود (در جاهایی که مقاومت کششی زیادی در میلگردهای کاشت شده نیاز نیست). در **روش کاشت آرماتور** و بولت در بتن سوراخی به قطر 5 میلیمتر بزرگتر از قطر میلگرد و به طول مهاری آن و یا بیشتر با استفاده از دستگاه مغزه‌گیر، در بتن ایجاد می‌شود و داخل آن با حجم دو سوم حفره، ملات روان پر می‌گردد. ملات روان دارای **مواد منبسط شونده و روانساز** می‌باشد. پس از پر نمودن سوراخ، آرماتور و یا بولت به کمک جک هیدرولیک با فشار به داخل سوراخ رانده شود. مواد داخل حفره در مدت زمان لازم عمل‌آوری می‌گردد تا ملات به مقاومت مورد نیاز برسد. بدیهی است اگر آرماتور یا بولت کاشت شده آجدار بوده و محیط سوراخ مضرس شده باشد مقاومت کششی آن رضایت بخش‌تر خواهد بود.

روش کاشت بولت و روش کاشت آرماتور با استفاده از مواد اپوکسی

روش کاشت آرماتور و بولت با استفاده از مواد **پایه اپوکسی** همانند روش کار کاشت با مواد پایه سیمانی است که در آن به جای سیمان از **رزین اپوکسی** یا **چسب کاشت آرماتور** و بولت استفاده می‌شود. با توجه به چسبندگی فوق‌العاده زیاد چسب‌های کاشت اپوکسی بتن، بدیهی است که قطر سوراخ و طول مهاری کوچکتر خواهد شد، در نتیجه عملیات سوراخ‌کاری سهل تر می‌گردد. اما قیمت مواد کاشت اپوکسی گرانتر از مواد پایه سیمانی است. چسب‌های کاشت آرماتور اپوکسی قدرت گیرش فوق‌العاده زیادی به سطح بتن و فولاد دارند. بنابراین آنها را نمی‌توان به صورت ترکیب کامل بسته‌بندی و حمل نمود، زیرا به سرعت می‌گیرند و فاسد می‌شوند.

مراحل روش اجرای کاشت آرماتور و بولت عموماً به شرح زیر است:

- محاسبه ابعاد سوراخ برای استقرار آرماتور و یا میلگرد
- ایجاد سوراخ مورد نیاز با ابزار مناسب،
- تمیز نمودن گرد و غبار ناشی از حفاری با استفاده از دستگاه مکنده یا برس موئی،
- زدودن هرگونه چربی و مواد روغنی، دانه‌های سست و یا سطوح فاقد استحکام و رطوبت از سطوح داخلی سوراخ،
- ترکیب نمودن اجزا چسب کاشت میلگرد درون نازل،
- تزریق چسب کاشت آرماتور تا میزان دو سوم حجم حفره،
- نصب رول بولت به صورت چرخشی داخل سوراخ کاشت بولت،
- تمیز نمودن مواد اضافی بیرون ریخته از دهانه سوراخ با کاردک و یا ابزار دیگر،
- زمان عمل‌آوری بر اساس درجه حرارت محیط می‌باشد که پس از گذشت این زمان، بارگذاری قابل اعمال است

عمق کاشت آرماتور بسته به نوع **چسب کاشت** متفاوت می‌باشد. به عنوان نمونه شرکت تولید چسب کاشت هیلتی عمق کاشت مورد نیاز برای **چسب کاشت میلگرد** را مطابق جدول زیر در نظر می‌گیرد:

مقاومت کششی(Ton)	عمق کاشت(mm)	سایز بولت(mm)
6-5	110	14
8	130	16
10.5	150	18
15	170	20
17	190	22
20	210	24
25	250	28
27	280	32

انواع روش های نصب و اجرای کاشت میلگرد

سیستم های متفاوتی در بازار وجود دارد که بر اساس نوع **رزین چسبی** که ترکیب آنها بکار گرفته شده و نحوه نصب و کاربرد، دسته‌بندی می‌گردند. **چسب کاشت شیمیایی بولت** یا **چسب کاشت شیمیایی آرماتور** به صورت دو یا سه جزئی تولید می‌گردند. در بعضی حالات این مواد بصورت جدا داخل کپسول تعبیه می‌شوند و در بعضی موارد به صورت **چسب های کاشت کارتریجی** یا به صورت فله ای می‌باشند که در این حالت **خمیر کاشت بولت و آرماتور** در بسته بندی‌های متنوع عرضه می‌گردند. در تمام این سیستم ها یک سوراخ ایجاد شده و سپس تمیز می‌گردد. روند تمیز کردن بسته به نوع محصول متفاوت است. در بسیاری از موارد سوراخ می‌بایست با استفاده از فرچه یا پمپ تمیز گردد. در سیستم های **تزریق رزین و چسب کاشت میلگرد**، با استفاده از یک ابزار تزریق، سوراخ ایجاد شده با رزین و یا چسب پر می‌شود. دو جزء سازنده **چسب کاشت** در حین تزریق به صورت خودکار ترکیب می‌شوند. این اجزاء شامل **مواد آلی اپوکسی، پلی استر و وینیل استر، سیمانی و ترکیبات آلی- غیرآلی** است. میلگردها بعد از پرکردن سوراخ ها با یک حرکت پیچشی به داخل سوراخ وارد می‌گردد. علاوه بر این از سیستم های **کپسول شیشه ای کاشت میلگرد** نیز استفاده می‌شود. این کپسول ها حاوی موادی هستند که ترکیبات رزینی آن در بخش محصولات و **چسب کاشت میلگرد** توضیح داده شد. این کپسول ها در داخل سوراخ قرار داده می‌شوند و سپس میلگرد یا بولت با استفاده از چکش به داخل سوراخ وارد می‌شود، که باعث می‌شود کپسول شکسته و در نتیجه کپسول ها از بین رفته، رزین و ماده سفت کننده ترکیب می‌شوند.

مراحل اجرای کاشت شیمیایی میلگرد یا کاشت شیمیایی آرماتور

- انتقال بار در سیستم روش کاشت میلگرد
- میلگردهای مهاری در روش کاشت میلگرد براساس کاربرد به دو نوع تقسیم می‌شوند:
- میلگردهای مهاری در بتن بدون اتصال تقویت شده: این میلگردها بار را همانند بولت های مهاری به بتن منتقل می‌کنند.
- میلگردهای مهاری در بتن با اتصال تقویت شده: این میلگردها همانند وصله های تقویتی عمل می‌کنند.

کاشت آرماتور به کمک مهار مکانیکی

در این روش همانند روش‌های قبلی ابتدا سوراخی به قطر حدود دو میلیمتر بزرگتر از قطر آرماتور در بتن ایجاد می‌گردد، سپس آرماتور را با مهار مکانیکی داخل سوراخ قرار می‌دهند. این آرماتور درانتهای خود دارای پره‌های مخصوصی است که با چرخاندی پیچ بالای آرماتور باز می‌شوند و به جدار سوراخ می‌چسبند. آرماتور آنقدر سفت می‌گردد تا پره‌ها تا جایی که ممکن است به دیوار بچسبند. در این روش نیز طول مهار بسیار کوتاه است. شاید این **روش کاشت آرماتور** و پیچ برای بارهای دینامیکی مناسب نباشند، چون پره‌ها می‌توانند بتن محیطی خود را خرد نمایند ولی به هر حال در کارهای استاتیکی جزء **روش های کاشت بولت و آرماتور** بسیار عالی هستند. هر نوع آرماتور مکانیکی بر حسب قطر و مقاومت میلگرد دارای نیروی برشی و کششی مجاز می‌باشد که توسط کارخانه سازنده ارائه می‌گردد

بتن از مصالح کاربردی ساختمانی می‌باشد که با هزینه مناسبی ساخته شده، دارای دوام و استحکام مناسبی بوده و شکل قالبی را که در آن ساخته می‌شود، به خود می‌گیرد. اغلب اعضاء و اشکال بتنی در محل و در موقعیت نهایی خود اجرا و ساخته می‌شوند. بتن و سازه‌های بتنی در طول فرآیند بهره‌برداری و ساخت دچار آسیب و تخریب می‌شوند که تعمیر و مرمت بتن را ایجاب می‌کند. از جمله عوامل ایجاد تخریب در سازه‌های بتنی می‌توان به خوردگی، تأثیر اسیدها، کربناتاسیون، سولفاته شدن، واکنش قلیایی، مشکلات اجرایی و ... اشاره کرد. اغلب کارهای تعمیری کوچک به منظور بهبود و تأمین قابلیت پذیرش ظاهر بتن بوده و پس از اتمام آن‌ها باید هماهنگی و یکنواختی از لحاظ رنگ و طرح ظاهری بین ناحیه مرمت شده و نواحی دست نخورده اطراف مشهود باشد. علاوه بر این ناحیه مرمت‌شده باید واجد شرایط زیر نیز باشد :

- پیوستگی سراسری دائمی با بتن مجاور
- نفوذ ناپذیری کافی جهت حفاظت بتن اصلی
- عاری بودن از ترک های انقباضی و ترک های موئی
- داشتن مقاومت کافی در مقابل یخبندان و آب شدن متناوب در موارد لزوم

تعمیر، جایگزینی یا اصلاح مصالح اجزاء یا اعضای خراب‌شده، آسیب‌دیده یا معیوب یک سازه است. به عبارت دیگر، تعمیر در واقع شیوه‌ای است که به طولانی‌تر شدن عمر مفید واقعی سازه و رسیدن به عمر مفید طراحی آن کمک می‌کند. در واقع ما در ترمیم بتن می‌خواهیم شرایط را به نحوی فراهم سازیم تا سازه مشخصات خود را در دوره بهره‌برداری حفظ نماید. مرمت بتن قدیمی نیازمند تحلیل و تدبیر بیشتری است به گونه‌ای که ناحیه آسیب‌دیده از بقیه نواحی جدا شده و سپس برداشته و جایگزین گردد. بعضی از سدهای بتنی پس از مدتی نیازمند تعویض کامل رویه بتنی خود به شیوه بتن پاشی و یا اجرای بتن پیش آکنده می‌باشند. در کشورهای زلزله‌خیز مقاوم سازی ساختمان‌های قدیمی و مرمت آسیب‌های ناشی از زمین‌لرزه به کاری عادی تبدیل شده است. این بخش مصالح و شیوه‌های اجرایی انواع مختلفی از مرمت بتن را شرح می‌دهد.

مصالح ترمیم و تعمیر بتن

انتخاب مصالح مناسب با توجه به سازگاری حرارتی با بتن اصلی، دوام مورد نیاز، شرایط بهره برداری، طبیعت شیمیایی و الکتریکی محیط، خواص انقباضی، ضریب ارتجاعی مصالح و شرایط جادادن و اجرای مصالح مورد نظر، صورت می گیرد. **سیمان پرتلند** اغلب انواع سیمان پرتلند در این مورد قابل استفاده می باشند. هر چند در جهت اطمینان از سازگاری ناحیه مرمت شده و بتن اصلی، بهتر است که سیمان مصرفی و سیمان اصلی یکسان باشند. سیمان تیپ ۲ و تیپ ۵ به ترتیب در شرایط متوسط و شدید خورندگی سولفاتی بکار می روند. سیمان تیپ ۳ با مقاومت کوتاه مدت زیاد، برای کسب مقاومت زیاد در گیرش کوتاه مدت بکار می رود. سیمان های ضد انقباضی و سیمان های پر آلومین نیز در شرایط خاصی بکار می روند . انواع مختلفی از سیمان های زودگیر در بازار عرضه می شود که از لحاظ کیفی باید منطبق بر ضوابط و استاندارد ASTM-C-928 باشند. بر این اساس، استفاده از این نوع سیمان ها باید با تحقیق بررسی بیشتری توام باشد چرا که مثلاً در صورتیکه حاوی گچ باشد (بخاطر بهبود کیفیت زودگیری سیمان اضافه می شود) مسلماً در سطوح بیرونی و نواحی مرطوب یا کلریدی دوام لازم را نداشته و خوردگی آن ها در این گونه شرایط محیطی مشکلات

زیادی به همراه خواهد داشت. خواص گیرش و سخت شدگی سریع این سیمان ها، باعث محدودیت کاربردشان در مقدارهای کم می شود. هر گونه مصالح دیگری که به سرعت سخت شده و یا می گیرد باید از برنامه حذف شود. **سنگدانه ها** ضوابط مربوط به سنگدانه ها مشابه مقررات مذکور در مورد بتن و ملات می باشد. در کارهای تعمیری ممکن است از سنگدانه های ویژه ای مطابق ضوابط اجرایی، در مرمت نماسازی های بتنی استفاده شود تا هماهنگی بین بتن جدید و قدیم از لحاظ رنگ و طرح تامین گردد. **افزودنی ها** استفاده از افزودنی ها نیز در کارهای تعمیری مجاز است. این مواد شامل روان کننده ها، مواد حباب هوازا، زوگیرهای شیمیایی، فولاد، فایبرگلاس و یا پلی پروپیلن از نوع مقاوم قلیایی، سیلیس فعال (دوده سیلیس)، خاکستر بادی، پوزولانهای طبیعی و پلیمرهای ترکیبی می باشند. **مواد چسباننده** مواد چسباننده در سه گروه قرار می گیرند که عبارتند از: مواد با پایه اپوکسی، مواد با پایه لاتکس و مواد با پایه سیمانی. ترکیبات اپوکسی باید منطبق بر ضوابط استاندارد ASTM-C881 باشند. بخاطر ضریب انبساط حرارتی و مقاومت کششی بزرگتر این مواد نسبت به بتن، در اثر تغییرات دمایی زیاد احتمال انقباض و سست شدن نواحی مرمت شده نازک، وجود خواهد داشت. رطوبت محصور شده در زیر یک ناحیه ترمیمی یا ترکیبات اپوکسی نفوذ ناپذیر، در شرایط یخبندان ممکن است منجر به شکست این ناحیه گردد. با توجه به اینکه عمر چسبندگی مفید اپوکسی در خلال کار کوتاه می باشد، کمیت مخلوط از لحاظ اندازه محدودیت داشته و این محدودیت در محیط های با درجه حرارت زیاد، بیشتر خواهد بود، چرا که زمان گیرش کوتاه تر می شود. ترکیبات اپوکسی محض سخت شدن از اثرات رطوبت و خورندگی های شیمیایی مصون خواهند بود، لیکن در درجه حرارت های زیاد نرم می شوند و در دمایی بیش از ۲۳۰ درجه سانتیگراد ذوب شده و می سوزند. کیفیت مواد چسبنده با ترکیبات لاتکس باید منطبق بر استاندارد ASTM-C1059 باشد. این ترکیبات دو نوع هستند : نوع ۱، با قابلیت تعلیق محدود و نوع ۲ بدون قابلیت تعلیق مجدد نوع ۱ برای ایجاد چسبندگی دریک دوره زمانی کوتاه معادل چند روز مورد استفاده بوده و در مجاورت رطوبت زیاد یا هوای نمناک قابل استفاده نمی باشد. این نوع برای کارهای سازه ای توصیه نمی شود. نوع ۲ مقاومت چسبندگی بیشتری نسبت به نوع قبل داشته و ممانعتی در استفاده از آن در مجاورت رطوبت وجود ندارد. دوغاب سیمان یا ملات سیمان شامل ماسه ریز و مقدار مناسب سیمان که بصورت یک خمیر در می آید، سال هاست که بعنوان عامل چسباندن دو سطح بکار گرفته می شود . پلی استرها، اکریلیک ها و متیل متاکریلیت ها ، صمغ های چسبنده ای مشابه اپوکسی ها و لیکن اقتصادی تر می باشند. این ترکیبات تمایل به انقباض بیشتری نسبت به اپوکسی ها دارند. پلی استرها به سطوح غیر متخلخل نظیر فلزات و شیشه بخوبی نمی چسبند، با سطوح مرطوب و نمناک نظیر سطح بتن تازه سازگار نیستند و زمان انبارداری آن ها کوتاه است.

سیلرها و روکش ها جهت حفاظت ناحیه مرمت شده از شرایط خورنده جوی و یا خورندگی های شیمیایی ممکن است نیاز به استفاده از سیلرها و روکش ها باشد. سیلرها شفاف بوده و در داخل سطح نفوذ میکنند، بدون اینکه قشر قابل رویتی از خود بر جای گذارند. روکش ها ممکن است شفاف، مات، رنگی یا بدون رنگ بوده و مقداری در سطح نفوذ میکنند ولیکن لایه قابل رویتی از خود

بر سطح باقی می گذارند .هر دو نوع سیلرها و روکش ها باید قابلیت اشاعه بخارات سطحی را از سطح بتن داشته باشند و لیکن در مقابل ورود رطوبت پس از عمل آوری بتن ، نفوذ ناپذیر باشند. ها استفاده از سیلان و سیلوکسان بخاطر ویژگیهایی نظیر عمر بهره برداری طولانی (بین ۵ تا ۱۰ سال) ، عمق نفوذ مؤثر (معادل ۳ تا۶ میلیمتر) و تاثیر ناچیز روی رنگ بتن، رواج بیشتری دارد. به واسطه مقررات حفظ محیط زیست، ترکیبات محلول بصورت امولسیون های آب اصلاح شدند که همین امر موجب تغییر در ویژگیهای خاصی از آنها می گردد. استفاده از ترکیبات در نواحی که در خلال پیشرفت عملیاتی اجرایی، پوشیده خواهد شد، باید با مطالعه و بررسی انجام گردد. روکش هایی نظیر نوارهای اپوکسی کلریدی، اپوکسی های رنگی، رنگهای اکریلیک-لاتکس در کارهای تعمیری مورد استفاده هستند، لیکن سازگاری آنها با تغییرات دمایی مورد انتظار در محیط اجرایی، رنگ بتن مجاور ناحیه مرمت شده و دیگر شرایط و مقتضیات بهره برداری باید بررسی و کنترل گردد.

آماده سازی بتن برای ترمیم و تعمیر

اغلب کارهای تعمیری بتن شامل برداشتن بتن ناحیه ای است که ممکن است پوسیده و یا تخریب شده باشد. انتخاب روش های متعدد برداشتن بتن معیوب با توجه به شدت و موقعیت ناحیه آسیب دیده، اقتصاد طرح، ایمنی کار، تاثیر بر روی بتن نواحی مجاور و تأثیر ناحیه آسیب دیده بر بهره برداری فعلی سازه، تعیین می شود. در مشخصات فنی لازم است روش تخریب نواحی معیوب، روش تعمیر و همچنین شرایط و آزمایش های پذیرش ناحیه تعمیر شده، ذکر گردند. انجام تعمیرات بزرگ که نیازمند برداشتن و اجرای مجدد بخش قابل توجهی از بتن سازه ای است، باید حتی المقدور بلافاصله پس از بازکردن قالب ها صورت گیرد. زمانیکه ناحیه مورد مرمت مسلح باشد بتن نواحی اطراف آرماتورها باید به مقدار بیشتری برداشته شود تا فضایی حداقل معادل ۲۵ میلیمتر پشت میلگرد خالی شود. **روش های برداشتن بتن** روش های برداشتن بتن معیوب در خلال عملیات مرمت، می تواند به سایش بتن، برش بتن، ضربه زنی بتن، پیش شکافت بتن و نهایتاً روش انفجار بتن، طبقه بندی شود. روش های سایش بتن شامل ماسه پاشی، ساچمه پاشی و آب پاشی پر فشار می باشد. این روش ها جهت برداشتن لایه نازکی از بتن آسیب دیده یا رنگ پریده و همچنین زبر و ناهموار نمودن سطح در آماده سازی به جهت مرمت بکار می روند. ماسه پاشی ممکن است هم بر روی سطوح قائم و هم سطوح افقی انجام شود، ولیکن ساچمه پاشی مختص سطوح افقی نظیر بتن کف ها می باشد. آب پاشی پر فشار نیز مشابه ماسه پاشی در هر دو موقعیت قابل استفاده است. روش ضربه زنی شامل استفاده از قلم ها یا چکش های هوای فشرده یا برقی، قلم و چکش دستی، تیشه های سنگ تراشی، و در احجام بزرگ، دج بر و کله گاوی سوار شده بر بازوهای مکانیکی می باشد. قلم و چکش هوای فشرده متشکل از دستگاه ضربه زن هوای فشرده می باشد که سرمته های قلمی و یا چکشی (با برجستگی های دندانه ای) بر روی آن قابل نصب هستند. ضربات چکشی با زاویه قائم نسبت به سطح بتنی اعمال می شود و برای برداشتن لایه آسیب دیده از سطوح کاملاً عمودی و یکنواخت بکار می رود . برای تخریب بتن های حجیم، از دج بر و کله گاوی که بر روی یک ماشین متحرک سوار است استفاده می شود. دج بر متشکل از قلم بزرگی متصل به انتهای یک سیلندر می باشد که با فشار هوا کار میکند. امکان تنظیم ماشین و فشار وارده برای برداشتن عمق از پیش تعیین شده ای از مصالح سطحی، امکان پذیر است. کله گاوی متشکل از تیغه های برنده بر روی یک سر دوار می باشند که با اعمال چرخش و دوران، سطح مورد نظر را می برد. استفاده از این وسیله در سطوح قائم و افقی که دارای شبکه آرماتور می باشند، امکان پذیر است. جمع آوری گرد و خاک و خرده سنگ از روی سطوح بتنی و بصورت دستی با استفاده از این ماشین ها ممکن است. روش های پیش شکاف بتن شامل گوه زنی مکانیکی، ضربات پرفشار آب و بهره گیری از تورم شیمیایی است. گوه زنی مکانیکی که به منظور برداشتن حجم بزرگی از بتن حجیم بکار می رود، متشکل از یک گوه شکافنده هیدرولیکی است که در یک حفره که از قبل توسط مته در بتن تعبیه شده است، اعمال می گردد. وجود ترک در بتن ممکن است مانع از اعمال فشار هیدرولیکی کامل در حفره گردد. درصورت وجود آرماتور فولادی در ناحیه مورد مرمت، روش مکملی برای بریدن آرماتور باید مورد استفاده قرار گیرد. در روش تورم شیمیایی، مخلوطی از ماده شیمیایی مورد نظر و آب تهیه شده و سپس به داخل حفره مته کاری شده در بتن و مطابق با الگویی از پیش تعیین شده ریخته می شود. این مخلوط باعث افزایش حجم زیادی در بتن در مدت زمان کوتاه می گردد به نحوی که تمایل به شکافتن بتن خواهد داشت. گرچه استفاده از روشهای دستی مذکور اقتصادی تر می باشند،

ولیکن مزیت عمده روش پیش شکافت بتن از طریق اعمال مواد متورم شونده، آن است که با ریختن این مواد در یک حفره نسبتاً عمیق، در مدت زمان کوتاه، امکان برداشتن حجم قابل توجهی از بتن امکان پذیر است، بدون اینکه اثر زیادی بر روی بتن باقیمانده داشته باشد. روش های برش بتن، شامل اعمال جت پرفشار آب، استفاده از اره های الماسه یا از جنس سنگ سنباده، استفاده از سیم های الماسه و روش های حرارتی می باشد. جت پرفشار آب، بهره گیری از جت کوچک و باریکی از آب می باشد که با فشار ۷۰۰ تا ۳۰۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع اعمال می شود. در صورتیکه استفاده مجدد از آرماتورها و حداقل آسیب به بتن های باقیمانده مدنظر باشد، استفاده از جت آب بهترین راه حل می باشد. فرز یا اره های الماسه و سنگ سنباده در اندازه های مختلفی قابل دسترسی می باشند که انتخاب آنها بستگی به مقتضیات پروژه دارد، لیکن فرآیند برشکاری با آن ها کند و پرهزینه است. برشکاری با سیم های الماسه، با حلقه کردن یک سیم الماسه بدور بخشی از سازه که قصد برداشتن آنرا داریم، انجام می گیرد. این حلقه سیمی با دوران های رفت و برگشتی، موجب برش قطعه در محل مورد نظر می شود. انفجار آخرین شیوه در برداشتن بتن معیوب است. در این روش مواد منفجره در چال هایی که در نقاط و امتداد مناسب حفاری شده اند، قرار گرفته و با انفجار آن ها، ناحیه مورد نظر از سایر قسمت های جدا می شود. این شیوه مختص برداشتن مقدار قابل توجهی از بتن و عمدتاً مناسب سازه های حجیم است. **تمیز کردن و عمل آوری** پس از برداشتن بتن پوسیده یا تخریبی به یکی از شیوه های فوق الذکر، هرگونه گرد و خاک، آشغال و خرده مصالح اضافی باید با استفاده از آب پاشی که عمدتاً با دمیدن هوا با رطوبت اضافی همراه است، از سطح کار برداشته شوند. در صورتیکه مصالح مرمت بتن سیمانی هستند، بتن اصلی مورد مرمت باید حداقل به مدت ۴۸ ساعت قبل از اعمال مصالح ترمیمی، مرطوب نگاه داشته شود. در صورت مشاهده روغن و یا هر نوع ماده آلوده دیگر در ناحیه تعمیری، سطح مورد نظر باید با مواد پاک کننده شسته شود .

روش های ترمیم و تعمیر بتن

در کارهای تعمیری، انجام یک مطالعه دقیق و جامع نسبت به علل اساسی پوسیدگی ها و آسیب هایی که مورد مرمت قرار می گیرند، جهت اتخاذ یک روش اصولی برای ترمیم بتن ضروری است. مثلاً تزریق مایع اپوکسی جهت مرمت ترک های ناشی از بار یا ترکهای حرارتی، اثر دائمی ندارد. در این حالت با بررسی علت یا علل وقوع این ترک ها، می توان یک راه حل دائمی نیز ارائه نمود. نوع برنامه ریزی مربوط به نگهداری سازه، معمولاً عمر مرمت مورد انتظار را مشخص می کند. نوع کاربری سازه ممکن است اتخاذ شیوه ای از کارهای تعمیری را ایجاب نماید که کمترین اثر را روی عملکرد بهره دهی سازه در خلال انجام مرمت داشته باشد. شرایط جوی نیز ممکن است بر روی انتخاب شیوه مرمت مؤثر باشند. در بعضی موارد ممکن است لازم باشد اصلاحاتی روی شرایط زیست محیطی موجود انجام شود تا از بروز آسیب ها و پوسیدگی ها در آینده جلوگیری گردد. روش های رایج مرمت و اصلاح بتن عبارتند از: بتن ریزی مجدد (که می تواند با بتنی مشابه بتن اصلی و یا اصلاح شده به کمک میکروسیلیس ، اکریلیک، استیرن لاتکس، یا اپوکسی انجام گردد)، بتن سفت، بتن پاشی، بتن پیش آکنده، تزریق دوغاب سیمان یا ترکیبات شیمیایی و سیمان کاری.

بتن ریزی مجدد یا بازسازی بتن

در صورتیکه در ناحیه مورد ترمیم، قالب بندی، بتن ریزی و انجام تراکم، امکان پذیر باشد، می توان از یک بتن معمولی مشابه بتن اصلی سازه جهت تعمیر ناحیه آسیب دیده بهره برد. این روش در مواردی نظیر وجود حفره های بزرگ، حفراتی با سطح بیش از 1000 سانتی متر مربع و عمق بزرگتر از 10 سانتی متر در بتن غیر مسلح و حفراتی با سطح بزرگتر از ۲۵۰ سانتی متر مربع و عمق بیش از ۱۰ سانتیمتر در بتن مسلح و یا عدم پوشش روی میلگرد در سطحی بیش از ۲۵۰ سانتی متر مربع کاربرد دارد. افزودنی ها به منظور افزایش حباب های هوا، افزایش یا کاهش زمان گیرش بتن، افزایش مقاومت، بهبود کارآیی مخلوط در هنگام ریختن، کاهش مقدار آب مورد نیاز و یا اصلاح سایر خواص، امکان پذیر است. در صورتیکه مشکل اصلی ناشی از واکنش زایی قلیایی سنگدانه ها باشد، استفاده از مواد پوزولانی نه تنها موجب افزایش مقاومت در مقابل چنین واکنش هایی شده، بلکه منجر به افزایش مقاومت دراز مدت و بهبود خاصیت نفوذ ناپذیری بتن خواهد شد. نسبت مصالح باید مشابه طرح اختلاط بتن اصلی باشد که متأثر از امکانات و فن آوری های جدید و یا طبق محدودیت های فضای عبور، بسته به حداقل اندازه کوچکترین سنگدانه، تعیین می شود. استفاده از سیمان های ضد انقباض در کارهای تعمیری، نتیجه مفید و موفقی دارد. معمولاً بتنی با اسلامپ کم،

حداقل انقباض را خواهد داشت. شیوه معمولی مرمت بتن شامل قالب بندی هر دو وجه مقطع بتنی به گونه است که قالب ها، ناحیه تعمیری را کاملاً احاطه نمایند. یک قیف در بالای قالب مستقر شده و تا قسمتی وارد قالب می شود. ارتفاع قیف فشار هیدرواستاتیکی لازم برای جادادن بتن را فراهم می سازد. حداقل شیب سطح فوقانی حفره بتن از سمت داخل به خارج باید معادل ۱۰ درجه باشد تا امکان فرار حفره های هوا در خلال تحکیم بتن وجود داشته باشد. علاوه بر این، پهنای قیف قالب باید به اندازه حفره تعمیری بوده و بازشدگی آن نیز جهت بتن ریزی مناسب، کافی باشد بطوریکه امکان نفوذ ویبراتور (لرزاننده) به داخل آن فراهم گردد. سطح بتن مورد مرمت ، قبل از بتن ریزی باید مرطوب شود تا مشابه یک سطح اشباع خشک بنظر برسد. ضخامت هر لایه بتن ریزی نباید بیش از ۳۰ سانتیمتر باشد و بازشوهایی باید در ترازهای مناسب به گونه ای تامین شوند تا امکان بتن ریزی و تحکیم آن از پایین به بالا وجود داشته باشد. قالب بندی باید به گونه ای باشد که بتوان ظرف مدت یک روز از بتن ریزی آنها را باز کرد. همچنین پاک کردن و برداشتن بتن اضافی نیز در صورت نیاز، می تواند انجام گیرد. عمل آوری بتن ریخته شده با استفاده از پوشش های مراقبت، باید بلافاصله پس از بازکردن کامل قالب ها، انجام شود. افزودن میکروسیلیس به مقدار ۵ تا ۱۰ درصد وزن سیمان موجب افزایش مقاومت فشاری بتن می گردد. مقاومت فشاری بتن با افزودن میکروسیلیس می تواند ۱۰۰ نیوتن بر میلیمتر مربع بالغ گردد. نتیجه اصلاح بتن با ترکیبات اپوکسی، کسب مقاومت خمشی، فشاری و کششی زیاد می باشد . دوام بتن در مقابل یخ زدگی و آب شدن مکرر نیز در این مورد رضایت بخش می باشد. در عین حال خواصی نظیر عدم نفوذ پذیری بتن (ناتراوایی)، مقاومت شیمیایی و پیوستگی آن نیز بهبود می یابد. نسبت آب به سیمان معمولاً بین ۲۵/ 0 تا ۳۵ /0 بوده و میزان ماده اپوکسی اضافه شده به بتن، بین ۱۵ تا ۲۰ درصد وزن سیمان، بصورت ذرات پلیمری می باشد. بعنوان مثال یک نمونه طرح اختلاط بتن اصلاحی با اپوکسی به قرار زیر است: سیمان ۳۳۵ کیلوگرم

آب	۱۱۰ لیتر ماسه	۶۸۰ کیلوگرم سنگدانه عبوری از الک
نمره ۴	۵۷۵ کیلوگرم صمغ اپوکسی	۵۵ کیلوگرم مواد عمل آور
اپوکسی	8.5 کیلوگرم قبل از جا دادن بتن اصلاحی، یک روز عمل آوری بتن موجود با رطوبت و سپس خشک	

شدن آن با هوای ۱۵ تا ۲۶ درجه لازم است. بوتادین استیرن و لاتکس های اکریلیک در کارهای معماری تأثیر مناسب و رفتاری قابل پیش بینی دارند. درصد مؤثر وزنی ذرات جامد پلیمر نسبت به وزن سیمان مشابه اپوکسی ها می باشد و نسبت آب به سیمان نیز در این مورد بین 0.3 تا 0.4 متغیر است. در صورت اجرای کارگاهی این مصالح، تورم سطحی زودرس، و وقوع ترکهای انقباضی مشاهده می شود. با توجه به پائین بودن ضریب ارتجاعی مخلوطهای اصلاح شده با ترکیبات لاتکس، استفاده از آنها در مرمت اجزای سازه ای با ظرفیت باربری زیاد، باید با تحقیق و بررسی بیشتری توأم باشد. استفاده ازاکریلیک ها در مرمت سطوح خارجی و برای بتن های سفید یا رنگی و در مواردی که حفظ رنگ بتن الزامی است، مفید می باشد .

مرمت رویه های بتن قالب بندی نشده

مرمت آسیب ها و پوسیدگی های بتن و دال ها و عرشه پل ها معمولا بصورت اصلاح سطحی ، و یا بازسازی کامل بتن موجود می باشد. در بازسازی کامل، بتن موجود کاملا تخریب شده و پس از قالب بندی، بتن تازه با کیفیت مطلوب و پرداخت کامل سطحی ریخته می شود. در صورتیکه ضخامت بتن تعمیری کمتر از ۶۰ میلیمتر باشد، پیوستگی مکانیکی رویه جدید با دال اصلی (دال مبنا)، لازم است. حداکثر اندازه سنگدانه براساس ضخامت لایه رویی و آرماتورهای موجود در ناحیه مرمت تعیین می گردد. هرگونه ترک موجود در دال مبنا از طریق پرکردن با اپوکسی که دارای ضریب ارتجاعی پایینی است، یا بطریق اجرای یک روکش از نوارهای غیر چسبنده، باید مرمت شود. کلیه درزهای موجود در دال مبنا، باید در لایه رویی نیز تکرار شوند. اجرای غشاء مراقبت بلافاصله بعد از پرداخت سطحی انجام شود تا از بروز هرگونه ترک سطحی در بتن جلوگیری شود. پیوستگی بین لایه رویی و بتن دال ها، از طریق مالیدن یک ملات نسبتاً غلیظ و کرم مانند شامل یک سهم سیمان و یک سهم ماسه بر روی سطح موجود و قبل از اعمال لایه مرمت سطحی، تأمین می گردد. در این مورد استفاده از امولسیون (محلول معلق جامد در مایع) لا تکس اکریلیک و اپوکسی نیز نتایج مثبتی را در پی دارد. البته نسبت ها و درصد محلول از جانب صنایع سازنده مشخص می شود. بخاطر عمر کوتاه چسبندگی ترکیبات

مصنوعی، مدت زمان اختلاط و اعمال آنها بر روی سطح باید بین ۲۰ تا ۳۰ دقیقه محدود باشد. به منظور جلوگیری از محبوس شدن هوای اضافی در بتن، زمان اختلاط ملاتهایی که حاوی ترکیبات و افزودنی های مصنوعی می باشند، حداکثر به ۲ دقیقه محدود می شود. در مورد اپوکسی هایی که نیازمند عمل آوری در هوای مرطوب و پیوستگی به سطح مرطوب می باشند، باید به ضوابط استاندارد ASTMC881 مراجعه نمود. اضافه نمودن الیاف پلی پروپیلن، فولاد و شیشه، می تواند باعث کاهش و به حداقل رساندن ترکهای سطحی گردد. البته در بعضی پروژه ها، الیاف فولادی دچار خوردگی یا زنگ زدگی شده اند (عمدتاً بخاطر ضخامت کم این لایه مرمت). کیفیت ظاهری سطح رویه های شامل الیاف پلی پروپیلن یا الیاف شیشه ای به صافی سطوح تخته ماله شده با ماله های فلزی نیست، لیکن این الیاف (که ناهمواری سطح نیز عمدتاً بواسطه آن هاست) به مرور زمان در اثر ساییدگی و یا تاثیر عوامل جوی، ناپدید می شوند. به منظور بریدن سطح بتن بلافاصله پس از پرداخت کردن، از اره های کوچک و سبک می توان استفاده نمود. عمق برش بدین طریق به ۲۰ میلیمتر محدود می شود که برای رویه های نازک کافی است.

بتن پاشی

بتن پاشی یکی از روش های عالی و مفید برای مرمت سطوح قائم و سقفی می باشد. هنگامی که عمق عوارض در سطوح مورد مرمت، زیاد باشد، بتن پاشی باید در چند لایه متوالی صورت گیرد و زمان اعمال لایه های متوالی باید قبل از گیرش اولیه هر لایه، بخاطر جلوگیری از پوسته شدن نهایی باشد. در ضخامت های بزرگتر از ۵۰ میلیمتر استفاده از یک مش فولادی با حداقل چشمه های ۵۰ * ۵۰ میلیمتر لازم است ، که در سطوح بزرگ، این مش فولادی باید با استفاده از شاخک هایی به سطح تحتانی متصل شود و در صوت امکان بهتر است که این شبکه تقویتی به آرماتورهای موجود، متصل شود. بتن پاشی سطوح مسلح با انحراف نوک افشانک (نازل) دستگاه بتن پاشی حداکثر به میزان۴۵ درجه انجام می شود تا امکان نفوذ بتن به لابه لای فضای آرماتورها وجود داشته و بتن پاشیده شده در پشت آرماتورها نیز جا داده شود . امکان استفاده از هر دو مخلوط خشک و تر در بتن پاشی سطوح تعمیری وجود دارد. در مورد مخلوط های خشک آب مورد نیاز در قسمت افشانک وسیله بتن پاشی به مخلوط سیمان و ماسه اضافه میشود، البته این مخلوط کاملاً خشک نیست و دارای رطوبتی حدود ۳ تا ۶ درصد وزنی ماسه ناشی از رطوبت سطحی ماسه است. لیکن در مخلوطهای تر، آب مورد نظر در محل اختلاط به سیمان و ماسه اضافه شده و مخلوط مرطوب در داخل کامیون های مخلوط کن، بهم زده میشود تا به محل اجرا برسد. این مخلوط از داخل کامیون بواسطه یک باکت (ناودان) به قیف پمپ هدایت می شود که این پمپ نیز مخلوط بتن یا ملات را به افشانک پمپ می کند. از هوای تحت فشار جهت پاشیدن مخلوط مرطوب به سطح بتن مبنا استفاده میشود. بتن پاشیده شده به سطح به منظور یکی شدن با بتن های مجاور خود، پرداخت می شود. این عمل باید با دقت خاصی صورت گیرد تا از پخش بتن و از بین رفتن پیوستگی بتن پرداخت شده یا سطح اتکاء خود، جلوگیری شود. عمل آوری نیز با استفاده از غشاء های عمل آور یا ورقه های ناتراوا صورت می گیرد. در بعضی پروژه ها از الیاف به منظور تسلیح بتن استفاده

می شود. این مصالح منجر به بهبود مقاومت بتن تعمیری خواهند شد.

اجرای شاتکریت در دیوار بتنی

بتن پیش آکنده با ملات تزریقی

بتن پیش آکنده در کارهای تعمیری بزرگ نظیر شمع ها، کوله ها و دیوار ها، رواج پیدا کرد. دراین شیوه، بتن معیوب طبق روش های مذکور برداشته می شود و سنگدانه درشت در ناحیه مورد مرمت و بین قالب ها ریخته می شود. سپس تزریق دوغابی از سیمان و ماسه از کف ناحیه قالب بندی شده به منظور پر کردن حفرات بین سنگدانه ها و به سمت بالا، انجام می گیرد. همزمان با بالا آمدن دوغاب، لوله تزریق نیز به سمت بالا کشیده می شود. لیکن کماکان در زیر سطح دوغاب باقی می ماند. این شیوه برای کارهای زیر آبی مناسب است، چرا که با پر شدن حفرات توسط دوغاب سیمان، آب نفوذی از داخل آن ها خارج می شود. این نوع مرمت برای مخازن ذخیره آب، تیرها و ستون در کارخانجات صنعتی نتایج مثبتی داشته است. به لحاظ فشار زیادی که این فناوری برجداره قالب ها وارد می کند، درزهای قالب باید جهت جلوگیری از هر گونه نفوذ ملات به بیرون، مهر و آب بند شوند.

روش تزریق

مصالح تزریقی متنوعی جهت مرمت ترک های ایجاد شده در دال های روی زمین یا سقف، پرکردن حفرات در سطوح تکیه گاهی، مرمت ترک خوردگی و پرکردن حفرات اعضای ساختمان، بکار می روند. این مصالح شامل، دوغاب سیمان، اپوکسی اکریلامیدها، پلی اورتان و ترکیبات متیل می باشند (متیل متاکریلیت) که بواسطه فشار یا نیروی ثقلی به داخل ترک یا حفره تزریق می شوند. دوغاب سیمان هم می تواند بصورت درجا در محل ساخته شده و یا در بسته های آماده ای خریداری گردد، که عموماً حالت اخیر از لحاظ اقتصادی و سهولت کاربرد بصرفه تر می باشد. افزودنی هایی به منظور کاهش انقباض دوغاب تزریقی و همچنین پرکننده های معدنی به منظور اقتصادی نمودن این دوغاب ها در مواردی که مصرف زیاد است، در دسترس می باشند. زمانیکه دوغاب سیمان متشکل از ذرات جامد ریز و معلق باشد، حداقل عرض ترک های قابل تزریق حدود ۳ میلیمتر است. مرمت بخش تحتانی یا تکیه گاهی دالهای متکی بر زمین (روسازی ها) یا فونداسیون، با استفاده از تزریق دوغاب تحت فشار به بخش های زیرین، امکان پذیر است. مشاهده پیوسته تراز دوغاب تزریقی به منظور جلوگیری از اعمال فشار برخاست از کف به چنین دال هایی در هنگام مرمت، ضروری است. اغلب دوغاب ها تزریقی باید مطابق ضوابط کیفی استاندارد ASTMC1107 باشند. اپوکسی ها دارای محدوده وسیعی از لحاظ خاصیت لزجت (نرمی) و زمان گیرش می باشند. چسبندگی این نوع مصالح با سطوح و مواد تمیز و خشک بسیار عالی بوده و بعضی از انواع آن ها قابلیت چسبندگی به بتن پلاستیک را دارا می باشند. بعنوان نمونه پیوستگی سازه ای یک قطعه سازه ای ترک خورده می تواند با تزریق اپوکسی تامین گردد. یکپارچگی دال های ترک خورده متکی بر زمین و ظرفیت باربری تکیه گاهی مورد انتظار،

می تواند با استفاده از تزریق اپوکسی تامین گردد. در هنگام تزریق باید به عمر کوتاه و مفید مواد اپوکسی پس از باز کردن در قوطی آنها توجه نمود. در بعضی شرایط ممکن است برداشتن بتن معیوب و بتن ریزی مجدد در مورد نواحی ترک خورده دال های متکی بر خاک، نسبت به مرمت تزریقی آن ها با اپوکسی، بصرفه تر باشد . استفاده از ترکیبات ژل مانندی نظیر اکریلامیدها و پلی اورتان ها برای ترمیم معایب سازه های در جوار رطوبت (مثلاً مخازن ذخیره آب) بسیار مناسب است، به گونه ای لزجت این ترکیبات، امکان تزریق آن ها را به داخل ترک ها و یا هرگونه بازشدگی هایی را که آب از آن ها جریان دارد را فراهم می کند. استفاده از این ترکیبات در مرمت اعضای سازه ای ممکن نیست. ترمیم تیر بتنی ترک خورده با ملات اپوکسی ترمیم ترک های سازه ای و مرمت دال های متکی بر زمین با استفاده از ترکیبات متیل در سه مرحله صورت می گیرد. ابتدا ترک ها با بهره گیری از ظرفی با خروجی (Methyl Methacrulate) باریک (مثلاً کتری) بصورت ثقلی با مواد پر می شوند، سپس سطح مورد نظر توسط متیل غرقاب می شود. در مرحله آخر لازم است که مصالح پخش شده روی سطح، با استفاده از جارومک از جنس الیاف سخت، به سمت داخل سطح، جارو شود. این روش موجب رفع نقص یا رفع ضعف سازه ای نمی شود ، لیکن نفوذ ناپذیری و صلبیت کف را بهبود می بخشد. در این روش استفاده از روکش محافظ الزامی است. در مکان هایی که تهویه مناسبی صورت نمی گیرد، استفاده از ماسک تنفسی ضروری می باشد. در تزریق های تحت فشار لازم است سطح ترک ها را با استفاده از مواد اپوکسی یا واکس سنگین، مهر و درزگیری نمود و در فواصل ۲۵ تا ۳۰ سانتیمتر لوله هایی به منظور تزریق نصب نمود . افشانک تزریق دارای دو لوله همگرا می باشد که اپوکسی و کاتالیزور مصرفی (عمدتاً اثر زودگیری دارند) را قبل از تزریق به داخل درز، با هم مخلوط می کند. این افشانک ها دارای یک شکاف برای تزریق به محل بازشدگی ها و یا یک سرنوک تیز برای تزریق به داخل درزها باشد. تزریق اپوکسی یا ژل از یک انتهای ترک اعمال می شود تا جایی به ورودی دیگر برسیم. در این حالت، دستگاه تزریق به محل ورودی دیگر که از قبل در داخل درز کار گذاشته است، منتقل می گردد، و عملیات مشابه، تکرار می گردد تا ترک یا درز مربوط پر شود. ترک های دال های متکی بر زمین از زیر، قابل مهرکردن و درز گیری نیستند، لذا مدت زمان تزریق تا نفوذ مناسب به داخل ترک در این گونه سازه، قبل از حرکت به سمت ورودی بعدی، براساس قضاوت مسئول مربوطه می باشد و دور ریز قابل توجهی در مواد تزریق وجود خواهد داشت. دربعضی موارد ، استفاده از یک مایع غلیظ می تواند حفرات اطراف بخش تحتانی ترک را مهر نموده و از دور ریز مواد بکاهد. به جهت همین دور ریز ها، هزینه ترمیم ترک در دال های متکی بر زمین بیش از دال های طبقات است، مگر اینکه هزینه های داربست در حالت دوم، مخارجی اضافه را تحمیل نماید. معمولاً زمان اجرای کارهای تعمیری بخصوص در مورد رو سازی ها و کارهای صنعتی، در شب ها یا روزهای آخر هفته که بهره برداری از آنها کمتر است، مناسبتر می باشد. در این حالت شکستگی ها و معایب ناشی از بهره برداری زود هنگام از ناحیه مرمت شده، کمتر خواهد شد و سطح مورد مرمت مثلاً در صبح روز بعد، آماده بهره برداری است. در صورتیکه ترافیک عبوری از روی دال های روسازی سبک بوده و ترک ها دارای لبه های پکیده باشند، با اجرای یک شیار در روی ترک و پر کردن شیار با اپوکسی با مدول الاستیسیته کم می توان از گسترش خرابی جلوگیری نمود. این نوع اپوکسی ها دارای سختی 80 (از نوع SHORE A) و 50 (از نوع SHORE D)، مقاومت کششی 2.8 تا 3.5 نیوتن بر میلیمتر مربع و مقاومت چسبندگی به بتن معادل 1.05 تا 1.75 نیوتن بر میلیمتر مربع می باشند. مراحل اجرای ترمیم ترکهابه روش تزریق رزین اپوکسی به اختصار

- پاکسازی درون ترک با استفاده از فشار هوا و یا آب
- خشک کردن درون ترک در صورت شستشو با آب
- سوراخ کاری محل نصب پکرها با فواصل معین و عمق لازم به وسط ترک به صورت مورب با زاویه 45 درجه
- بتونه کاری سطح ترک برای جلوگیری از فرار رزین تحت تزریق
- آماده سازی رزین و تزریق آن به درون ترک از پایین به بالا
- خارج کردن پکر، تمیزکاری سطح بتن

مرمت با بتن سفت

ملات های سفت شامل یک سهم سیمان، **2.5 الی 3** سهم سنگدانه عبوری از الک نمره16 و مقدار کافی آب می باشند، به میزانی که این ترکیب شکل گلوله ای بخود بگیرند و فشار کمی بر بدنه قالب داشته و اثر واضحی از رطوبت بر روی دست نداشته باشد. بخاطر نسبت آب به سیمان کم این مخلوط، انقباض ملات حداقل ممکن بوده و مرمت انجام شده دوام، آب بندی و مقاومت خوبی خواهد داشت. گاهی اوقات از ترکیب سیمان سفید و سیمان خاکستری به منظور نزدیک شدن کیفیت ظاهری ناحیه تعمیری به بتن مجاور، استفاده می شود. استفاده از این شیوه برای لکه گیری های سطحی مناسب نیستند، لیکن نتایج بسیار خوبی برای ترمیم حفره های کوچک و خیلی عمیق و همچنین اصلاح نواحی کرمو و سوراخهای ناشی از بولت های قالب ها دارد. مصالح ترمیم باید در ضخامتی معادل ۲۵ میلیمتر ریخته شده و با کوبیدن بطور مناسبی متراکم شوند. در این مورد باید توجه داشت که از تخماق های با سر زبر جهت کوبیدن مصالح استفاده شود. در غیر اینصورت، سطح مصالح بواسطه تماس با تخماق صیقلی، صاف شده و پیوستگی لازم را با لایه بعدی تامین نخواهند کرد. کوبه های مورد استفاده در ترمیم سوراخ بولت قالب بندی، بهتر است از تخماق های با برجستگی میله های چوبی به جای میله های فلزی استفاده نمود . در صورتیکه اکریلیک ها چسباننده به مقدار جزئی و در حدود ۲۰ الی ۲۵ درصد آب مخلوط به ملات سفت اضافه شوند، در بهبود کارآیی مخلوط بدون اثرمنفی پررنگ، مؤثر خواهند بود. عمل آوری محل ترمیم، با استفاده از پوشاندن ناحیه مصالح شده با مشمع و یا گونی مرطوب و یا بصورت اعمال یک غشاء محافظ، صورت می گیرد. استفاده از اپوکسی باید با مطالعات بیشتری توأم باشد، چرا که تغییر رنگ نواحی اصلاح شده با بهره گیری از اپوکسی، بعد از هوادیدگی و نوردیدگی ناحیه مورد نظر، مشاهده شده است.

اجرای دستی ملات

ملات هایی که بطور دستی اجرا می شوند، می توانند در محل مخلوط شوند و عموماً مخلوطی از سیمان پرتلند با ماسه، و یا مخلوط های آماده کارخانه ای، و یا ملات های اصلاح شده با پلیمر می باشند . استفاده از این مصالح در مرمت نواحی معیوب با آرماتورهای نمایان و یا بریده شده، که تراکم مصالح را در پشت آرماتورها دچار مشکل می کنند، مناسب نیست. سطح ترمیمی باید تمیز و خشن باشد تا پیوستگی لازم برای اعمال ملات فراهم گردد، عمل آوری ملات در این روش بسیار مهم است و باید در مورد سطوح بزرگ بعد از تکمیل یک ناحیه و در سطوح کوچک بلافاصله پس از لکه گیری انجام گیرد. در این مورد استفاده از غشاء های عمل آوری، بازده خوبی دارد. در زمانبندی مراحل عمل آوری باید دقت نمود تا لایه های مورد استفاده بر روی قسمت های تکمیل نشده کار، کشیده نشوند.

مرمت نواحی پکیده

مشکل عمده در درزهای انقباضی و اجرایی درساختمان های صنعتی، پکیدن یا لب پرشدن لبه های درز در مسیر حرکت لیفت تراک هاست. این نواحی به مرور زمان تحت بارهای وارده، تمایل به تعریض و تعمیق دارند، به گونه ای که میزان خرده سنگ و نخاله های بتن که قلوه کن شده و به داخل ناحیه پکیده می ریزند، در دماهای پایین و به واسطه عریض شدن درزها، بیشتر می گردند . فرورفتگی این عارضه ممکن است بقدری عمیق شود که موجب دست انداز در مسیر حرکت لیفت تراک شده و منجر به فروریزی بسته های مورد حمل و نقل (پالت ها) گردد. این مشکل می تواند از طریق ایجاد شیاری در روی درز به عمق ۲۵ میلیمتر و پر کردن آن با اپوکسی با مدول الاستیسیته کم، هم سطح با نواحی مجاور درز مرتفع گردد. پکیدن بتن ممکن است در اثر دوران و رو زدن نوارهای آب بند لاستیکی در خلال عملیات پرداخت بتن نیز اتفاق بیفتد. در این حالت پوشش بتنی موجود در روی درز ممکن از سایر قسمت ها لق شده و جدا گردد. اندازه و موقعیت ناحیه پکیده شده بتن، روش مرمت را مشخص می نماید. سطوح کوچکی که بر اثر ضربه سقوط آزاد اجسام صدمه دیده اند، قبل از مرمت باید تمیز شده و سطح آن ها مرطوب گردد. ترمیم ناحیه آسیب دیده با ملاتی شامل یک سهم سیمان پرتلند و حدود ۲ الی ۳ سهم ماسه تمیز انجام می گیرد. آب مورد استفاده باید شامل ۲۵ تا ۳۰ چسب اکریلیک باشد که مقداری از آن به مخلوط مصالح خشک اضافه می شود تا کارآیی لازم را جهت ریختن دوغاب فراهم کند. استفاده از آب زیاد در این مورد منجر به انقباض وقوع ترک های مویی خواهد شد. عمل آوری ملات با استفاده از غشاء مراقبت و یا پوشاندن آن با ورقه های پلی اتیلن (مشمع) و یا رطوبت سطحی انجام می شود. بعد از ۴۸ ساعت عمل آوری، باید اجازه داده

شود محل تعمیر خشک گردد. زمان مفید اجرای ملات تقریباً بین ۲۰ تا ۳۰ دقیقه می باشد و به منظور جلوگیری از محبوس شدن حباب های هوای اضافی در مخلوط، زمان اختلاط به ۲ دقیقه محدود می شود. در صورتیکه درز ایجاد شده حاصل از پکیدن بتن در دو لبه بیش از ۲۰ میلیمتر نباشد، عملیات ترمیم شامل شیارزنی و تمیز کردن شیار از خرده سنگ، مصالح سست و خرد شده و آلودگی ها و سپس پرکردن درز با اپوکسی کم مدول و به طریقه ثقلی است. سطح درزگیر بهتر است مقداری محدب باشد، لیکن می توان سطح آنرا پس از خشک شدن با استفاده از کاغذ سنباده مسطح نمود. در صورتیکه عرض درز آسیب دیده بیش از ۲۰ میلیمتر باشد، برای مرمت بتن ابتدا شیارهایی به فاصله ۲۵ میلیمتر از لبه های پکیده و عمق ۳۰ میلیمتر به موازات درز به کمک فرز (اره) ایجاد می گردد و حد فاصل شیارها به کمک قلم چکش به عمق ۳۰ میلیمتر تمیز می گردد. سطوح داخلی و لبه های این کانال کنده شده باید عاری از دانه شل و مقداری خشن باشند. پس از آماده سازی یک تسمه چوبی به ضخامت ۳ میلیمتر بطور قائم در مرکز کانال نصب می شود. وظیفه نوار ایجاد درز جدایی بین مصالح پرکننده تعمیری در دو طرف درز است. سپس درون کانال به آرامی و بصورت ثقلی توسط مخلوطی شامل یک سهم اپوکسی و سه سهم ماسه سیلیسی خشک، پر می شود. پس از سخت شدن این مخلوط، سطح آن با آب شسته شده و با استفاده از کاغذ سنباده مسطح می گردد، که در این حالت سطح فوقانی نوار جدا ساز نیز ساییده می شود. می توان از تسمه جداساز استفاده نکرد و پس از گرفتن ملات تعمیری، به کمک اره شیاری در امتداد درز ایجاد نمود. در هر حالت، بطریق مطمئنی باید درز اجرایی یا انقباضی را حفظ نمود چراکه در اثر تغییر شکل های حرارتی، امکان وقوع ترک در سطح ناحیه تعمیر شده و یا جدا شدن ملات تعمیر از لبه ها وجود داشته که این فرآیند موجب تخریب تعمیر می گردد. اگر عامل پکیدگی بتن، انبساط درونی ناشی از وجود چرت یا واکنش های قلیایی سنگدانه ها باشد، در هنگام تعمیر باید مطالعات و آزمایشات بیشتری انجام شود و در این حالت فقط پر کردن محل پکیدگی درمان قطعی نخواهد بود. به منظور جلوگیری از واکنش های مخرب بیشتر سنگدانه های باقیمانده باید کاملاً از محل پکیدگی تمیز گردند. باقی عملیات مشابه حالت های قبلی است. در ضمن مشاهدات و بررسی های بیشتر جهت اطمینان از هماهنگی رنگ ناحیه مرمت شده با سایر نواحی باید صورت گیرد.

عملکرد برخی از مصالح تعمیری در مرمت سازه های بتنی

عملکرد مواد و مصالح تعمیری در سازه های بتنی و بتنی مسلح به عوامل گوناگونی بستگی دارد. از مهمترین این عوامل شرایط محیطی که سازه در آن قرارداد و بارهای وارده بر سازه را می توان نام برد. همچنین عملکرد مواد و مصالح در شرایط محیطی مشابه در انتخاب نوع مواد بسیار موثر است. به هرحال با انتخاب مصالح مناسب تعمیری در صورتیکه آماده سازی بتن بستر و شیوه اجرای تعمیر بطور مناسب صورت نپذیرد، تعمیر موفقی حاصل نخواهد شد. کارهای تعمیراتی بسیاری در سطح جهان و در کشور بر روی سازه های بتنی صورت گرفته است که در مواردی تعمیرات ناموفق نیز گزارش شده است. بررسی عملکرد نامناسب یک سیستم تعمیر نشان داده است که عدم شناخت نوع خرابی و میزان گسترش آن منجر به تعمیری ناموفق گشته است. همچنین عدم اطلاع از عملکرد مواد و مصالح بر پایه سیمانی یا پلیمری و یا تلفیقی از این دو ماده در شرایط محیطی مختلف گاه سبب خرابی مواد و مصالح تعمیری در زمانی نسبتا کوتاه گشته است . کارهای تعمیراتی بر روی سازه های بتنی عمدتا در جنوب کشور و در سواحل و بنادر حاشیه خلیج فارس انجام شده است . این منطقه بعلت قرارگیری در یک محیط دریایی و وجود یونهای کلرید و دما و رطوبت، محیطی بسیار خورنده برای سازه های بتنی مسلح بوده و خوردگی آرماتور و خرابی بتن در ابعاد گسترده ای اتفاق افتاده است. در کار تعمیراتی حوضچه های تصفیه خانه در یکی از بنادر جنوبی کشور که بعلت خوردگی های توام سولفاتی و کلریدی آسیب دیدگی گسترده ای در اغلب دیوارها و کف بوقوع پیوسته بود از بتن سیمان پرتلندی توام با ماده پلیمری SBR (لاتکس استایدین بوتادین) استفاده گردید. کاربرد این ماده در ملات و بتن تعمیراتی ممکن است سبب کاهش جزئی مقاومت و مدول الاستیسیته گردد .لیکن افزایش ظرفیت کرنش کششی و شکل پذیری بتن، کاهش جمع شدگی و به ویژه کاهش قابل ملاحظه نفوذ پذیری در مقابل نفوذ یونهای مخرب از مزایای کاربرد این ماده بعنوان یک ماده تعمیراتی است. با توجه به نزدیکی خواص مکانیکی این ماده تعمیراتی با خواص بتن بستر و نیز کاهش جمع شدگی و نیز کاهش نفوذ پذیری این بتن عملکرد این ماده در محیط فوق مناسب بوده است. البته برداشت بتن معیوب و آماده سازی آرماتور و بتن بستر و شیوه اجرایی صحیح انتخاب شده این عملکرد را تکمیل نموده است. در کار

تعمیراتی گسترده دیگری که در اسکله ها و ساختمان های بندریی در جنوب کشور انجام گردید از مواد تعمیراتی آماده با ماده سیمانی و الیاف استفاده گردید. خواص ملات های آماده شده از این ماده نشان دهنده کیفیت مناسب و خواص مکانیکی و مقاومتی بالای آن داشت. این ماده در کشورهای دیگر نیز در کارهای تعمیراتی مصرف شده و عملکرد قابل قبولی را نشان داده بود. در این کار تعمیراتی ارزیابی وضعیت موجود و تشخیص نوع خرابی و گستردگی آن با استفاده از تکنیک های جدید غیر مخرب و نمونه گیری و آزمایش در بار اول تعمیرات با دقت و به میزان لازم صورت نپذیرفت و کار تعمیرات با ماده آماده جدید صورت پذیرفت. چند سال بعد از تعمیر خرابی ها مجددا بصورت ورآمدگی بتن و ترک و ادامه خوردگی در آرماتور بوقوع پیوست، هر چند که عیب عمده ای در خود ملات تعمیراتی مشاهده نگردید. بررسی های بعدی نشان داد که وجود یون های کلرید بیش از حد مجاز حتی تا پشت آرماتورهای اصلی و نیز بروز پدیده کربناتاسیون و وجود رطوبت ادامه فعالیت خوردگی را بهمراه داشته و عدم برداشت بتن نامناسب و دارای املاح بالا خرابی های بعدی را بدنبال داشته است. بررسی های بعدی نیز نشان داد که اختلاف فاحش خواص مکانیکی ماده تعمیراتی با بتن بستر و عدم انجام عمل آوری مناسب بویژه در روزهای اولیه و بعضا جمع شدگی بیش از حد، مواردی از جدایی دو لایه را نیز به همراه داشته است . در کار تعمیراتی دیگری که کف و دیوارها و پایه های اسکله های مجتمع بندری در جنوب کشور بعلت خوردگی و خرابی شدید مورد تعمیر و مرمت قرار گرفت از سیمان پرتلند مخلوط با دوده سیلیس و فوق روان کننده استفاده گردید. آزمایشهای قبلی بر روی این نوع مواد و مصالح نشان می دهد که در صورت کنترل جمع شدگی در این ملات یا بتن با کاهش مصرف آب می توان به خواص لازم مکانیکی و نفوذ ناپذیری قابل قبول دست یافت. البته عمل آوری مناسب و نیز آماده سازی قبلی از ارکان اصلی موفقیت در این تعمیر است که در مواردی که ضعف هایی از این نقطه نظر در عمل مشاهده گردد خرابی در همان نواحی مجددا بروز خواهد نمود. کارهای تحقیقاتی و میدانی که در آزمایشگاه و در محل برای بررسی عملکرد مواد و مصالح تعمیراتی با پایه های سیمان پرتلندی بهمراه پوزولانهای مصنوعی و نیز سیمان پرتلند پلیمری صورت پذیرفت به نتایج زیر منجر گردید. می تواند پیوستگی مناسبی SBR استفاده از ملاتهای خشک آماده و مطابق استاندارد و نیز کاربرد بین بتن قدیم و جدید ایجاد نماید. جمع شدگی در بتن های با پایه سیمانی که شکل عمده این مواد است می تواند کنترل گردد و همچنین می توان با کاربرد پلیمر کاهش قابل ملاحظه ای در این پدیده بوجود آورد. کاربرد هر دو سیستم می تواند در کاهش نفوذپذیری یون های مخرب موثر باشد بشرط آن که مساله عمل آوری با دقت لازم صورت پذیرد.

ترمیم بتن های کرمو

هنگامی که سطح بتن ظاهری خشن، حفره دار و پوسته پوسته پیدا می‌کند، به این پدیده **کرمو شدن بتن** می‌گویند. برای رفع این مشکل باید عملیات ترمیم بتن های کرمو انجام شود که اغلب پس از **تخریب بتن کرمو** از ملات ریزی مجدد استفاده می‌شود. همچنین برای چسبیدن بهتر ملات به سطح تخریب شده، از **واترجت صنعتی** استفاده می‌شود.

عوامل ایجاد بتن کرمو

کرمو شدگی بتن در سازه‌های بتنی زیادی مشاهده می‌شود. دلیل به وجود آمدن **کرمو شدگی** و حفره‌ها را می‌توان علل زیر دانست:

- بتن سفت یا بی استفاده
- ارتعاش بیش از اندازه
- استفاده از آب زیاد
- شیوه بتن‌ریزی نامناسب
- کامل پر نشدن ملات‌بتن در قالب
- نسبت آب به سیمان به طور معمول بین 0/4 تا 0/6 است. استفاده از آب بیشتر موجب افزایش کارایی بتن می‌گردد. از طرفی موجب می‌شود هنگام استفاده از ویبراتور، مشکلاتی به وجود بیاید.
- خارج شدن گروت یا دوغاب از حفره‌های ریز یا حفره‌های پایین قالب
- آب اضافه همچنین موجب می‌شود تخته‌های قالب متورم شده و ابعاد و مساحت مقاطع تغییر نماید.

ترمیم بتن های کرمو در ساختمان‌ها

با مشاهده نشانه‌های کرمو شدن لازم است در اسرع وقت نسبت به ترمیم آن اقدام نمود. فرایند **ترمیم بتن های کرمو** به شرح زیر می‌باشد:

۱) ابتدا ذرات و سنگدانه های سست شده باید برداشته شود. این کار باید به گونه ای انجام شود که فشار زیادی به بتن وارد نشود. برای این کار می‌توان از **واترجت صنعتی**، چکش برقی یا برس سیمی استفاده نمود.

۲) سطح حاصل، باید به طور کامل تمیز شود. برای برداشتن سنگدانه‌های ریز از برس سیمی استفاده کرد. در نهایت لازم است سطح شسته شود.

با استفاده از **واترجت صنعتی** در مرحله **تخریب بتن**، نیازی به اجرای مرحله دوم نیست.

۳) اجازه دهید سطح خشک شود. سپس از **چسب بتن** استفاده گردد.

استفاده از **واترجت صنعتی** در مرحله اول، سطح را به گونه‌ای آماده می‌کند که گروت به خوبی با سطح تخریب شده پیوند برقرار می‌کند و نیازی به چسب نخواهد بود.

۴) با آماده کردن گروت یا با قالب گذاری، عملیات بتن‌ریزی انجام می‌گردد.

۵) قالب‌ها بعد از ۱۲ ساعت برداشته می‌شوند تا عملیات کیورینگ انجام شود.

با توجه به مساحت و هندسه محل کرمو شده می توان از روش های ترمیمی دیگری از قبیل شات کریت و ماله زدن و همچنین در این امر می توان از تکنیک های ترمیم در بتن های اکسپوز و نما نیز استفاده کرد.

تخریب بتن های کرمو و ترمیم آن

برای **تخریب بتن** لازم است ابتدا محدوده‌ای که تمام ناحیه مشکل دار را پوشش دهد و دارای شکل هندسی منظمی باشد انتخاب کرده و با ابزارهای تخریب بتن، تا زیر میلگردها جدا شود. همانطور که بیان شد، استفاده از **واترجت صنعتی** می‌تواند با سرعت بیشتر و کیفیت بهتری کندن بتن و تمیز کاری سطوح را انجام دهد. همچنین **واترجت صنعتی** میکرو ترک در سازه ایجاد نمی‌کند. از آنجایی که **بتن کرمو** می‌تواند دارای مشکل در کل ملات بتن بوده باشد، توصیه می‌شود از روش‌های ضربه‌ای مثل چکش برقی یا پیکور استفاده نگردد. این ابزارها با ضربه‌هایی که به سازه وارد می‌آوردند موجب ایجاد میکرو ترک و ترک‌های عمیق در داخل بتون می‌شوند. اگر پیوند بین سنگدانه‌ها به خوبی برقرار نشده باشد که می‌تواند ناشی از کم یا زیاد بودن آب ملات باشد این ترک‌ها عمیق‌تر شده و بیشتر در سازه پخش می‌شوند.

برای **تخریب بتن های کرمو** با استفاده از واترجت فشار قوی نیازی به آماده کردن سطح نیست. **واترجت** تا ۲۵۰۰ بار با استفاده از نازل Hy Jet فالش یا نازل‌های تخصصی دیگر موجود، می‌تواند به راحتی کندن بتن را انجام دهد. با توجه به نیروی لگد آب که در فشار ۲۵۰۰ بار مقدار کمی نیست، لازم است یک نفر نیروی ماهر و آموزش دیده با این دستگاه کار کند. شرکت‌های تولیده کننده **واترجت صنعتی** فوق فشار قوی به منظور افزایش سرعت انجام پروژه‌ها و نیز سهولت انجام کارها، ربات‌های خودکار و نیمه خودکار نیز تولید کرده اند. اگر حجم کار **تخریب بتن** زیاد باشد، عمدتا از این ربات‌ها نیز استفاده می شود.

نازل با فاصله‌ای از سطح که بتواند بیشترین قدرت تخریب را داشته باشد قرار می‌گیرد. آب فشار قوی با نفوذ در خلل و فرج بِتن و ایجاد فشار از زیر تکه‌های کوچک، موجب کندن ماتریس بتن و سنگدانه‌ها می‌شود. واترجت همچنین می‌تواند سطح میلگردها را زنگ زدایی، تمیز و آماده بتن‌ریزی مجدد نماید. سطح باقی مانده، سطحی تمیز و دانه دانه بوده و سنگدانه‌ها سالم و بدون آسیب نمایان خواهند بود.

بعد از تخریب بخش‌های مورد نظر، با توجه به هندسه و دسترسی ناحیه، یکی از روش‌های مختلف ترمیم بتن پیاده‌سازی می‌شود. برخی از این روش ها به شرح زیر می باشند:

روش ماله زدن

اگر عمق ترمیمی کم باشد می توان با استفاده از ماله ، ملات جدید را به سطح اضافه نمود. این روش به شرط آنکه تخریب بتن تا زیر میلگردها انجام نشده باشد قابل استفاده می‌باشد.

روش پک خشک

این روش برای فضاهای محدود استفاده می‌شود. ابتدا مواد ترمیمی به شکل یکنواخت با هم مخلوط شده و هنگامی که حالت پلاستیکی منسجمی به خود گرفتند در فضای مشخص شده قرار می‌گیرد.

روش قالب گیری و ریختن مواد

بهترین روش برای کاربردهایی است که بتن‌ریزی به فرم خاصی باید انجام شود. ابتدا اطراف منطقه‌ای که تخریب بتن انجام گرفته قالب گذاشته شده و سپس ملات جدید در آن ریخته می‌شود. این روش برای ستون‌ها و دیوارها نیز مناسب می‌باشد.

این روش خود به شیوه‌های متفاوتی انجام می‌گیرد که با توجه به سطح دسترسی و موقعیت فضای کاری قابل تعریف است.

روش بتن‌ریزی با سنگدانه‌های پیش آکنده

در این روش ابتدا فضای مورد نظر بسته شده و سنگدانه‌ها داخل آن ریخته می‌شود. سپس با یک پمپ، گروت یا ملات به داخل فضای بسته شده تزریق می‌گردد. این روش از سال ۱۹۳۷ در امریکا ابداع شد.

روش شاتکریت

در این روش که به دو صورت تر و خشک انجام می‌شود، بتن یا گروت با فشار و سرعت بالا بر روی یک سطح پاشیده می‌شود.

ترمیم بتن کرمو شده با استفاده از نوارهای FRP

مواد مرکب پلیمری، نوع مصنوعی مواد کامپوزیت است . این مواد از دو بخش الیاف FRP (فیبر) که نقش بار ماده مرکب را برعهده دارد و قطرآنها بین 1 تا 21 میکرون و همچنین رزین که نقش نگهداری الیاف در کنار هم ایفا می کند تشکیل یافته است. دلیل اصلی استفاده از الیاف FRP برای ترمیم و مقاوم سازی سازه ها،می توان از یک سو به مواردی چون سرعت بالای اجرا و همچنین عدم وجود تغییرات معماری در ساختمان و از سوی دیگر به امکان تحقق کنترل کیفیت بالا و وجود مبانی روشن فنی جهت طراحی و اجرای آنها نسبت داد. FRP یک کامپوزیت پلیمر تقویت شده با الیاف بوده و معمولا الیاف در انواع شیشه، کربن و آرامید (GFRP، CFRP و AFRP) در آن مورد استفاده می گیرد. سیستم های تقویت FRP جهت کاربردهایی مانند (1) افزایش مقاومت فشاری ستونها (از طریق ایجاد محصورشدگی ناشی از دور پیچ)، (2) افزایش مقاومت برشی المانهای خطی (تیرها و ستونها) و یا المانهای صفحه ای (مانند دیوارها) ، (3) افزایش مقاومت خمشی (بویژه در خصوص تیرها) و (4) ترمیم و بازسازی اجزای مختلف ساختمان (قسمت های کرمو شده و آسیب دیده)در صنعت مقاوم سازی ساختمان مرسوم است. میزان و نحوه استفاده از سیستمهای مقاوم سازی با استفاده از FRP، تابع نیروهای وارده بر المان (بویژه در خصوص دورپیچ FRP در ستونها)، شرایط المان سازه ای، ابعاد و اندازه ها، مقاومت مصالح، میزان میلگرد مقطع بتنی و هر عامل تعیین کننده مقاومت عضو بتن مسلح بوده و باید در یک روند محاسباتی استاندارد استخراج و طراحی گردد. عمق تخریب بتن آسیب دیده بستگی به عمق بتن پوک و کرمو دارد که در بعضی از قسمتها به 7 تا 8 سانتی متر نیز می‌رسد. در صورت عدم تخریب بتن در این نواحی، امکان لایه لایه شدن بتن جدید و قدیم در زمان بارگذاری بوجود می آید. تخریب بتن به عمق نیم تا یک سانتی‌متر بیشتر از عمق بتن پوک باعث ایجاد زبری و دندانه شدن سطح بتن قدیم می‌گردد که از مهم‌ترین عوامل جهت افزایش چسبندگی بتن قدیم و جدید و همچنین افزایش قابلیت انتقال برش در سطح تماس می‌باشد. در صورتی که عمق تعمیر زیاد باشد، وجود برش‌گیر برای افزایش مقاومت برشی در سطح تماس بتن قدیم و جدید و جلوگیری از ترک خوردگی بتن جدید لازم می‌باشد. اجزای رزین باید درشرایط دمائی مناسب وبه مدت کافی به وسیله همزن برقی مخلوط شوند تا مخلوط یکنواخت ویک رنگ به دست آید. درهرمرحله ازاختلاط مواد رزین، باید حجم مناسب وبه میزان لازم تهیه شود تا بتوان درمدت زمان اجرا، قبل از انعقاد آنها ازمخلوط به طور کامل استفاده نمود.

ترک های موجود در بتن با توجه به اهمیت سازه و علل وقوع آن ها دسته بندی و تعمیر و بازسازی نمود. **تزریق رزین اپوکسی** تحت فشار (Concrete Resin Injection Systems) و پکر گذاری به منظور جوش دادن عضو بتنی گسیخته شده در اثر ترک خوردگی، از جمله روش های مقاوم سازی کاربردی می‌باشد.

پکرگذاری و تزریق اپوکسی

رشد روز افزون سازه ها و ساختمان های بتنی نیازمند پیش بینی روش هایی برای کنترل بهره برداری و مقابله با آسیب های احتمالی و ترک خوردگی ها و ترمیم بتن است. یکی از مهم ترین و وسیع ترین آسیب های رایج بتن ترک خوردگی آن است که کار فرمایان را مجاب به استفاده از روش های برای مقابله با این آسیب می کند. نیپل گذاری و یا پکر گذاری و تزریق اپوکسی به داخل بتن از جمله روش های بسیار کاربردی برای مقابله با آسیب های احتمالی و ترمیم بتن است.

بتن یکی از پرکاربرد ترین مصالح ساختمانی است که مقاومت فشاری بالا و دوام مناسب آن باعث استفاده روز افزون از آن در صنعت ساختمان از مدت ها قبل شده است. بتن در عین حال که ویژگی های بسیار خوب فراوانی دارد اما دارای خواصی نیز می باشد که در صورت عدم رعایت نکات فنی و اجرایی هنگام ساخت، بتن ریزی و عمل آوری باعث آسیب و تخریب بتن می گردد که در این صورت کارفرما را مجبور به انجام عملیات ترمیم بتن می کند. از جمله مواردی که باعث ضعف در بتن می شود می توان به مواردی مثل خوردگی در محیط های اسیدی، اشتباهات و اشکالات اجرایی، وجود ترک های غیر عادی، کمبود مقاومت و ... اشاره کرد.

ترمیم بتن به روش پکر گذاری و تزریق رزین اپوکسی در عمق یکی از بهترین و موثر ترین روش ها برای جبران ضعف های بتن و ترمیم ترک های عمیق است که در ادامه به شرح آن می پردازیم.

نحوه‌ی انجام عملیات پکرگذاری و تزریق اپوکسی

برای انجام عملیات ترمیم و تعمیر بتن در عمق ابتدا باید با استفاده از روش های تست بتن، ناحیه ای که دارای ضعف های اجرایی و مقاومتی است مشخص شود. پس از مشخص شدن ناحیه‌ی مربوطه مراحل اجرای عملیات ترمیم بتن باید با دقت بسیار بالا و به وسیله ی مهندسین با تجربه انجام شود.

مراحل انجام عملیات ترمیم بتن در عمق به شرح زیر است:

- الگو گذاری و مشخص کردن محل سوراخ ها
- سوراخ کاری محل های مشخص شده در مرحله قبل
- نصب نیپل ها و پکرها
- بتونه کاری و نصب الیاف FRP
- انجام عملیات تزریق با پمپ تزریق

ابتدا باید محل هایی که باید در آن عملیات تزریق انجام شود مشخص شود. معمولا منطقه ی کلی این محل ها با استفاده از تست بتن مشخص شده و محل دقیق سوراخ ها با توجه به آیین نامه به فاصله ی افقی و قائم بین 10 تا 20 سانتی متر انتخاب می شود. در این مرحله الگوگذاری سوراخ ها مطابق جزئیات ذکر شده انجام شده و با اسفاده از دریل تا عمق مشخصی سوراخ کاری انجام میشود. پس از انجام سوراخ کاری لازم است تا محل سوراخ ها با استفاده از پمپ های باد به دقت و به طور کامل تمیز کاری شود تا هیچ گونه ذرات اضافه ای در آن ها باقی نماند.

پس اتمام سوراخ کاری و انجام تمیز کاری نوبت به نصب نیپل ها و پکرها است. نیپل ها و پکرها در اندازه های مختلفی موجود هستند که بنابر عمق مورد نیاز برای انجام عملیات تزریق انتخاب می شوند.

نصب نیپل و بتونه کاری برای ترمیم بتن

تفاوت نیپل ها و پکرها در نوع کاربری آن ها است که از نیپل برای مکان هایی مورد استفاده قرار میگیرد که به علت تراکم میلگردها امکان استفاده از پکر وجود ندارد.

پس از نصب نیپل ها و یا پکر ها با استفاده از بتونه باید آن ها را سر جای خود محکم کرد. پس از انجام عملیات بتونه کاری باید اجازه داد تا بتونه به طور کامل خشک شود و پس از آن یک لایه از الیاف FRP در آن جا نصب می شود.

پس از خشک شدن رزین و تثبیت FRP نوبت به تزریق رزین اپوکسی است. تزریق با استفاده از پمپ مخصوص تزریق انجام می شود. تزریق از پایین ترین سوراخ شروع می شود و ادامه پیدا می کند. انجام آن هم به گونه ای است که تزریق تا زمانی ادامه پیدا میکند که از سوراخ های بعدی به بیرون درز پیدا نکند. به محض تراوش به بیرون از سایر سوراخ ها تزریق متوقف و از سوراخ های دیگر ادامه پیدا می کند.

تزریق پلی یورتان دو جزئی

آبریزش LEAKAGE آب در بتن‌هایی که تحت فشار آب می‌باشند (نظیر آب بندی تونلها ، تاسیسات بتنی زیر دریایی، چاله آسانسورها و ...) توسط تزریق پلی یورتان دو جزئی قابل ترمیم و آب بندی می‌باشد. پلی یورتان در ترکیب با آب واکنش نشان داده و حدودا 10 تا 15 برابر متوم می‌شود. بدین ترتیب کلیه درزها، خلل ها و ترکهای داخل بتن پر می‌شود. این محصول توسط پمپ مخصوص توسط اکیپ مجرب شرکت جهت آب بندی فشار منفی آب در بتن تزریق می‌شود

بیشتر تجهیزاتی که در ساختمان های فنی شرکتهای مخابرات، آب، برق، گاز، نفت و... بعنوان اجزای غیر سازه ای نظیر تجهیزات برقی، مکانیکی، مخابراتی، ارتباطی و... استفاده می شوند به صورت آزاد بر روی بستر خود در کف ساختمان و یا در سطح طبقات قرار دارند. در هنگام زلزله، **واژگونی** این اجزا علاوه بر قطع ارتباط، خسارت های بسیاری به مجموعه وارد می کند. روش بکار رفته در برخی از ساختمان های حساس کشور، فیکسینگ این اجزا به کف و یا به دیوار جهت جلوگیری از واژگونی کامل می باشد. در کارخانه ها و صنایع هم **فیکسینگ تجهیزات صنعتی** جهت جلوگیری از واژگونی در هنگام زلزله از اهمیت بالایی برخوردار است. جهت تامین مقاومت کافی در محل صفحه پای ستون ها و بر روی فونداسیون بتنی در ساختمان ها و **فیکسینگ ماشین آلات** و تجهیزات دقیق و سنگین صنعتی، می‌توان از سیستمهای **تزریق تحت فشار گروت** شرکت افزیر (Pressure Grout injection) توسط پمپ تزریق ویژه (نظیر سیستم های تزریق رزین اپوکسی) استفاده می‌شود

تخریب بتن

استفاده از مواد شیمیایی جهت تخریب بتن

سازه‌های بتنی با توجه به کارگیری استانداردهای نامناسب، مشخصات فنی نادرست مصالح و مسائل اجرایی و حتی عملکرد خودسازه، می تواند به عدم عملکرد مناسب و فرسودگی بتن منجر شود. در بسیاری موارد نیاز به **تخریب** سازه های بتنی قدیمی و ساخت سازه های مقاوم و تقویت سازه های معیوب از جمله عواملی است که مسله تخریب بتن را امری تخصصی کرده است.

شرکت افزیر با به کارگیری نیروهای متخصص و با تجربه و روشها و مواد شیمیایی نوین در زمینه تخریب ایمن و اقتصادی بتن فعالیت دارد.

بنتامیت یک ماده تخریب کننده کاملا بدون صدا و بی خطر می‌باشد که روش عملکرد آن بر مبنای نیروی حاصل از افزایش چشمگیر حجم آن می باشد. از مزایای این محصول، امکان استفاده در مناطق مسکونی، تخریب بدون ایجاد گرد و غبار، ارتعاش و سایر خطرات ناشی از انفجار تخریب، کاربرد راحت و عدم نیاز به اکیپ متخصص می‌باشد.

کتراک و **راکتن** آخرین پدیده مواد تخریبی بدون انفجار می‌باشد که با پتانسیل عظیم نهفته در خود و بازدهی بسیار بالا قابلیت تخریب صد در صد را خواهد داشت . کتراک در مقایسه با سایر مواد تخریب کننده نظیر دینامیت و باروت، از ایمنی بسیار بالاتری برای مجریان برخوردار است. در صورت اجرای صحیح و اصولی این محصول با توجه به دمای محیط ، در عرض 5 تا 6 ساعت تخریبی مطمئن را خواهید داشت. ویژگی های این محصول مانند بنتامیت است با این تفاوت که سرعت تخریب در کتراک حداقل 3 ساعت و در راکتن حداقل نیم ساعت می‌باشد که در مقایسه با بنتامیت سرعت تخریب بالاتری دارند. جهت تخریب انواع سازه

های بتنی و سنگی در محلهایی که امکان انجام عملیات ناریه وجود نداشته و استفاده از ماشین آلات سنگین جهت تخریب مقدور نباشد، روش تخریب شیمیایی بتن گزینه مناسبی می‌باشد.

بتن عضو جدایی ناپذیر صنعت ساختمان می باشد و با توجه به استفاده های فراوان از آن انجام تست بتن و آزمایش بتن امری ضروری و حیاتی می باشد. نیاز به تست بتن و آزمایش بتن در محل سرویس دهی بتن چند سالی است که به شدت احساس می شود. تاکنون روش های متعددی شامل روش های مخرب و غیر مخرب برای آزمایش بتن و تست بتن به منظور تعیین مقاومت بتن ابداع گردیده است. در انتخاب روش مناسب برای آزمایش بتن پارامترهای زیادی می تواند تاثیر گذار باشند که از بین آن ها می توان به دقت، هزینه و مدت زمان انجام تست بتن اشاره کرد. در ادامه به معرفی انواع روش های مخرب تست بتن مثل بیرون کشیدگی (Pull Out)، پاره شدگی (Pull off) و مغزه گیری و تست غیر مخرب بتن مثل چکش اشمیت و آزمایش التراسونیک می پردازیم.

ضرورت انجام آزمایش بتن

تا چند سال پیش رایج ترین آزمایشی که بر روی بتن انجام میگرفت، آزمایش تعیین مقاومت فشاری بتن بر روی نمونه های استاندارد استوانه ای و مکعبی شکل بتن بود. اما این نمونه های قالب گیری شده ممکن است در اثر عواملی مانند اختلاف در عمل آوری، نحوه انتخاب نمونه ها، تفاوت در نوع تراکم بتن و... معرف ویژگی ها و خصوصیات بتن استفاده شده در سازه نباشد. هم چنین امروزه به دلیل نیاز به شناخت رفتار ساختمان ها در برابر زلزله و گاها نیاز به تغییر کاربری یا افزایش طبقات یک ساختمان بتنی و یا الزام به مقاوم سازی ساختمان ها نیاز به ارزیابی و تعمیر و ترمیم بتن استفاده شده در ساختمان احساس می شود. به همین دلیل نیاز است تا آزمایش ها و تست بتن در محل بهره برداری ساختمان بتنی مورد نظر نیز انجام گیرد.

روش های تست و آزمایش بتن

روش های مختلفی برای ارزیابی و تست بتن مورد استفاده در سازه ها مورد استفاده قرار می گیرد که بر اساس مکانیزم حاکم بر این روش ها آن ها را به دو دسته بندی کلی روش های مخرب تست بتن (DT) و روش های غیر مخرب تست بتن (NDT) تقسیم بندی می کنند. با انجام آزمایش های غیر مخرب بتن می توان اطلاعات مربوط به مقاومت عضو سازه ای و تغییرات در خواص مصالح نسبت به زمان را با انجام آزمایش بر روی عضو و بدون به جا گذاشتن اثرات خرابی در المان ها و اعضای بتنی به دست آورد. البته لازم به ذکر است که دسترسی به مقاومت فشاری اعضای بتنی نیاز به ایجاد تنش های تخریبی بر روی عضو بتنی است و بدون ایجاد این تنش ها به طور مستقیم نمی توان مقاومت فشاری بتن را به دست آورد. اساس کار تست های غیر مخرب بتن اندازه گیری پارامترهای دیگری می باشد که ارتباط این پارامترها با مقاومت فشاری توسط منحنی های کالیبراسیون صورت می گیرد.در آزمایش های مخرب بتن با تخریب جزئی المان سازه به طوری که در روند سرویس دهی آن خللی وارد نشود می توان مقاومت بتن را مورد ارزیابی قرار داد. تمامی آزمایشاتی که در دسته مخرب قرار می گیرند با تخریب جزئی المان های بتنی همراه هستند در نتیجه در طرح و انجام این دسته از تست های بتن باید دقت کافی صورت گیرد تا بتوان با ترمیم قسمت های آسیب دیده مانع از تحت تاثیر قرار گرفتن کل سازه شد. انجام تست مخرب بتن از آن جایی که مستقیما ما را به پارامترهایی می رساند که با مقاومت بتن در ارتباط هستند دارای درجه اهمیت و اعتبار بیشتری نسبت به تست های غیر مخرب بتن است.

انواع روش های غیر مخرب تست و آزمایش

آزمایش چکش اشمیت

این آزمایش در حدود 70 سال پیش توسط یک مهندس سوییسی به نام آقای اشمیت ابداع شد و اساس آن هم بر نیروی برگشت جسم که بر سطح مورد نظر برخورد می کند استوار است.چکش اشمیت دارای یک میله فولادی است که در تماس با سطح بتن قرار داده می شود. داخل چکش وزنه ای وجود دارد که با مقدار انرژی معین بر میله فولادی ضربه میزند و پس از ضربه زدن، وزنه باز می شود و در همین حال شاخص متصل به وزنه مقدار برگشت را نشان می دهد. در واقع عدد برگشت همان فاصله برگشت وزنه است که نتایج بر حسب آن گزارش شده و توسط منحنی کالیبره به مقاومت فشاری بتن مرتبط می شود.

سطحی از نمونه که زیر میله چکش قرار می گیرد، باید کاملا صاف باشد و هم چنین مقدار سختی سطح بستگی به راستای قرار گیری چکش دارد. طبق پیشنهاد انجمن بین المللی مکانیک سنگ بهتر است که چکش در یکی از سه وضعیت قائم به سمت بالا، افقی و یا قائم به سمت پایین قرار گیرد.

نجام آزمایش چکش اشمیت

آزمایش التراسونیک

آزمایش التراسونیک با نام سرعت امواج پالسی ماورای صوت نیز شناخته می شود و اساس آن بر مبنای تعیین سرعت عبور امواج پالسی ماورای صوت از میان اجسام قرار دارد. بر اساس نحوه قرار دادن مولد ها در این آزمایش به سه روش انتقال مستقیم، نیمه مستقیم و سطحی امکان پذیر است که مناسبترین وضعیت برای انتقال امواج به صورت انتقال مستقیم می باشد. در این وضعیت چون امواج از درون بتن عبور می کنند نسبت به حالت های دیگر دارای دقت بالاتری می باشد . بر اساس نتایج سرعت امواج التراسونیک و مقاومت فشاری نمونه های استاندارد، منحنی کالیبره تهیه می گردد.

سرعت نفوذ پالس در مواد مختلف متفاوت است. برای مثال سرعت نفوذ پالس در فولاد حدود دو برابر بتن است لذا بهتر است اندازه گیری سرعت پالس در محل های فاقد آرماتور صورت بگیرد.

درصد رطوبت تاثیر زیادی در تخمین مقاومت فشاری توسط انجام آزمایش التراسونیک دارد. بطوری که اگر کالیبراسیون بر روی نمونه های مکعبی مرطوب صورت گیرد مقاومت سازه کمتر از مقدار واقعی تخمین زده خواهد شد. تاثیر نوع سنگدانه نیز بر روی منحنی کالیبره در این روش نیز به نوبه خود بسیار حائز اهمیت می باشد.

آزمایش التراسونیک بتن

انواع روش های مخرب تست بتن

آزمایش کرگیری(مغزه گیری)

در میان آزمایشات درجا آزمایش نیمه مخرب مغزه گیری به عنوان یکی از دقیق ترین روش ها مطرح بوده است و مطالعات گسترده ی انجام شده در این زمینه بهترین گواه بر اهمیت این روش می باشد. هرچند این روش در مقایسه با روشهای دیگر آزمایش در محل، جزء آزمایشات پرهزینه و کند محسوب می شود، اما قابلیت اطمینان آن، این معایب را توجیه می کند. مغزه گیری توسط مته الماسی انجام شده و نمونه های بریده شده استوانه ای مورد آزمایش قرار می گیرند. معمولا مقاومت مغزه ها کمتر از مقاومت نمونه های استاندارد است و این امر احتمالا در نتیجه عملیات حفاری و اختلاف شرایط کارگاهی با شرایط آزمایشگاهی بوجود می آید.

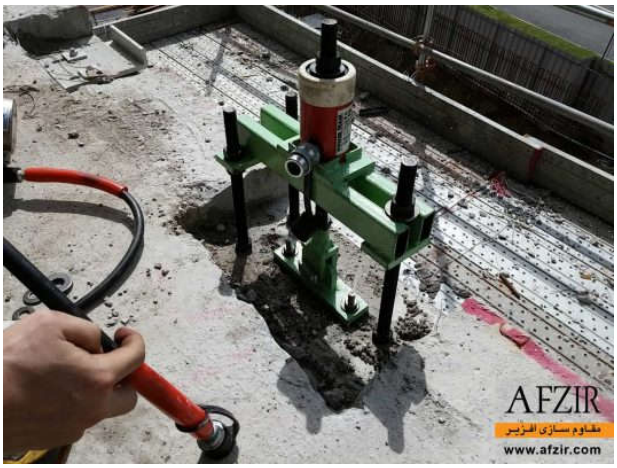
مغزه هایی که برای انجام آزمایش مقاومت فشاری مورد استفاده قرار می گیرند، ممکن است دارای قطرهای متفاوتی باشند . استاندارد ASTM قطرهای 100 و 150 میلیمتر را توصیه کرده اند. گرچه در بعضی کشور ها مانند سوئیس و آلمان مغزه های با قطر 75 و 50 میلیمتر هم مجاز دانسته شده اند. اما اکثر تحقیقات انجام شده نشان داده است که تاثیر قطر در مقاومت اندازه گیری شده بسیار ناچیز بوده و می توان از آن صرف نظر کرد.

کرگیری از بتن اجرا شده

آزمایش بیرون کشیدگی Pull Out

مفهوم آزمایش بیرون کشیدگی در واقع بر مبنای اندازه گیری نیروی مورد نیاز برای بیرون کشیدن یک دیسک فولادی دایره ای به قطر 25 و ضخامت 8.5میلی متر قرار گرفته در بتن می باشد. این آزمایش شامل یک میله فولادی است که به یک دیسک فلزی متصل می باشد . این دیسک در عمق 2/5 سانتیمتری سطح بتن قرار داده می شود. در زمان آزمایش، میله از دیسک و بتن خارج می شود و یک پیچ فولادی سخت به جای آن جایگزین می شود. سپس جک هیدرولیکی دستی که دارای یک تکیه گاه حلقوی به قطر داخلی 55 میلیمتر می باشد بر روی سطح بتن قرار داده شده و آنگاه مهره زیر جک به پیچ فولادی متصل می شود و نیروی کششی را به آن اعمال می کند که در حدود60-10 کیلو نیوتن می باشد.

به طور تجربی ثابت شده است که نیروی بیرون کشیدگی با مقاومت فشاری بتن یک رابطه خطی دارد. مطالعات به عمل آمده نشان می دهد که این رابطه مستقل از نسبت آب به سیمان، نوع سیمان و شرایط عمل آوری می باشد و اثر اندازه سنگدانه نیز خیلی کم است.



انجام آزمایش بیرون کشیدگی در بتن

آزمایش پاره شدگی Pull Off

آزمایش پاره شدگی (Pull off) بر این اصل استوار است که مقدار نیروی کششی که لازم است بر دیسک فلزی (از جنس فولاد یا آلومینیوم) اعمال شود تا دیسک، همراه با لایه سطحی بتن جدا شود، با مقاومت بتن در ارتباط می باشد. گرچه این آزمایش نیاز به آماده کردن کردن سطح به منظور فراهم کردن پیوستگی کامل دارد، اما روشی آسان و سریع است. این آزمایش به دو طریق انجام

می شود. در روش اول دیسک فلزی مستقیما به سطح بتن متصل می شود و در روش دوم ابتدا یک مغزه گیری نسبی (مغزه ای که از بتن جدا نشده است) انجام شده و سپس یک دیسک فلزی با چسب اپوکسی مخصوص بر سطح مغزه چسبانده می شود. مزیت این روش ایجاد گسیختگی در لایه های عمقی بتن است رابطه همبستگی مقاومت فشاری و نتایج آزمایش تحت تاثیر نوع سنگدانه ، ضخامت و جنس دیسک می باشد.

سایر آزمایش های بتن

آزمایش مقاومت فشاری بتن

نشان دهنده ی مقاومت بتن در برابر نیروی وزن است. هم چنین یکی از مهم ترین عوامل کنترل کیفی بتن نیز می باشد.

هر نمونه را داخل دستگاه پرس هیدرولیکی قرارداده، به گونه ای که دقیقا در مرکز صفحه ماشین جای گیرد. نمونه معکبی درون دستگاه قرار می گیرد و باید دقت گیرد که سطح نمونه و صفحات فلزی دستگاه کاملاً تمیز باشند. دستگاه را تحت بارگذاری یکنواخت قرارداده ، بطوریکه آهنگ ازدیاد تنش در ثانیه باشد به محض شکستن قسمتی از نمونه ، بارگذاری دستگاه متوقف شده وحداکثر نیروی وارده بر سطح تماس نمونه با صفحات فلزی بر روی نمایشگر دستگاه بر حسب ton نشان داده می شود، با داشتن حداکثر نیروی وارده و سطح بارگذاری شده و می توان مقاومت فشاری آزمونه ها را تعیین کرد.

آزمایش مقاومت فشاری نمونه بتنی

آزمایش اسلامپ

بر طبق تعریف ACI روانی بتن یعنی قابلیت بتن یا ملات تازه مخلوط شده برای جریان یافتن است. یکی ازآزمایش ها برای تعیین حد روانی بتن اسلامپ است. این نکته باید ذکر شود که آزمایش اسلامپ کارایی را نمی‌سنجد بلکه روانی بتن را توصیف می‌کند.

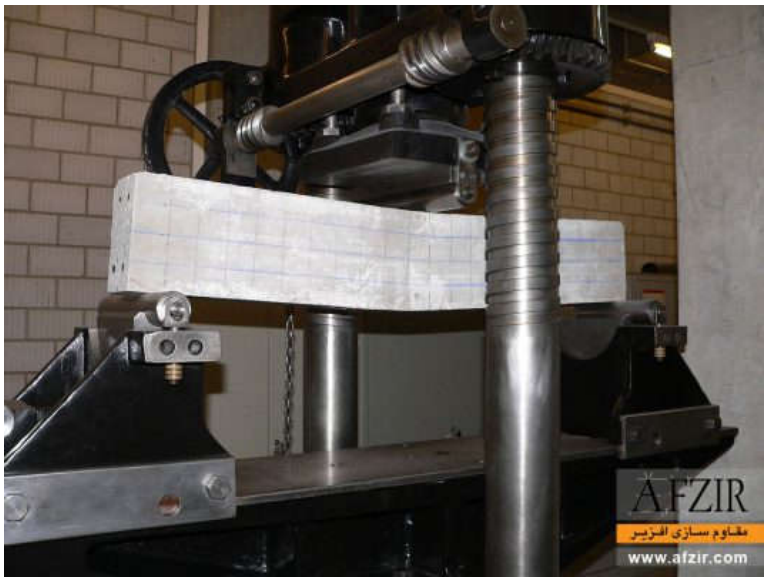
وسایل مورد نیاز جهت انجام آزمایش، یک سینی فلزی به ابعاد ۴۰×۴۰ و یا ۵۰×۵۰ سانتی‌متر، یک مخروط فلزی به ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر که قطر بالای آن ۱۰ سانتی‌متر بوده و دارای دو دستگیره در دو طرف است، میله‌ای به طول تقریبی ۳۵ سانتی‌متر که در یک سر آن خط‌کشی به عرض ۵ سانتی‌متر قرار دارد، به طوری که پس از قرار گرفتن این میله در محل خود بر روی سینی، ارتفاع مابین سینی تا زیر خط‌کش ۳۰ سانتی‌متر یعنی برابر ارتفاع مخروط باشد، یک عدد میلگرد ساده به طول ۴۰ الی ۵۰ سانتی‌متر که برای متراکم کردن بتن داخل مخروط به کار می‌رود. انجام این آزمایش به این صورت است که ابتدا مخروط اسلامپ بر روی سینی مربوطه و در محل خود مستقر می‌شود. سپس با یک بیلچه‌ی دستی اقدام به پرکردن مخروط می‌شود. این عمل در سه مرحله و هر مرحله با ۲۵ بار کوبش بتن (جهت فشرده‌سازی) انجام می‌شود. پس از اتمام سه مرحله‌ی فوق و پرشدن مخروط، با یک خط‌کش فلزی و یا هر نوع وسیله ممکن، سطح بتن را صاف کرده تا با لبه‌ی قاعده بالایی در یک تراز قرار گیرد. پس از برداشت مخروط بتن مقداری افت خواهد کرد، به وسیله خط‌کش این مقدار افت را اندازه می‌گیریم، عدد به دست آمده همان مقدار اسلامپ بتن است که معمولاً به سانتی‌متر بیان می‌شود.

آزمایش تعیین مقاومت کششی به روش غیر مستقیم (آزمایش برزیلی)

به طور کلی بتن ها مقاومت کششی کمتری نسبت به مقاومت فشاری دارند. به خاطر همین مسئله آرماتورها نقش مهمی در تحمل نیروی کششی در اعضای سازه ای ایفا می کنند. در این روش یک نیروی فشاری قطری با سرعت مشخص در امتداد طول آزمونه استوانه ای بتن اعمال می شود تا گسیختگی رخ بدهد. این بارگذاری باعث بوجود آمدن تنش های کششی در سطحی که تحت بار و تنش های فشاری نسبتا بالا قرار گرفته است، می شود. گسیختگی کششی نسبت به گسیختگی فشاری زودتر اتفاق می افتد زیرا سطوح اعمال بار در حالت فشاری سه محوری هستند. در نتیجه آنها تنش های فشاری خیلی بیشتری را نسبت به آزمون مقاومت فشاری تک محوره تحمل می نمایند.

آزمایش خمش برای محاسبه مقاومت کششی بتن

این آزمایش به محاسبه مقاومت خمشی بتن با استفاده از تیر ساده تحت بارگذاری می پردازد. در واقع ما به کمک این آزمایش به صورت غیر مستقیم مقاومت کششی بتن را بدست می آوریم. پس از قرار دادن نمونه در دستگاه، معمولاً در ابتدا بین 2 تا 6 درصد بار نهاییِ محاسبه شده به نمونه وارد می‌شود. سپس بار به مرور افزایش پیدا می‌کند تا نمونه مرز گسیختگی برسد و در نهایت گسیخته شود. با اندازه گیری تنش کششی حاصل از خمش مقاومت کششی بتن محاسبه می شود.

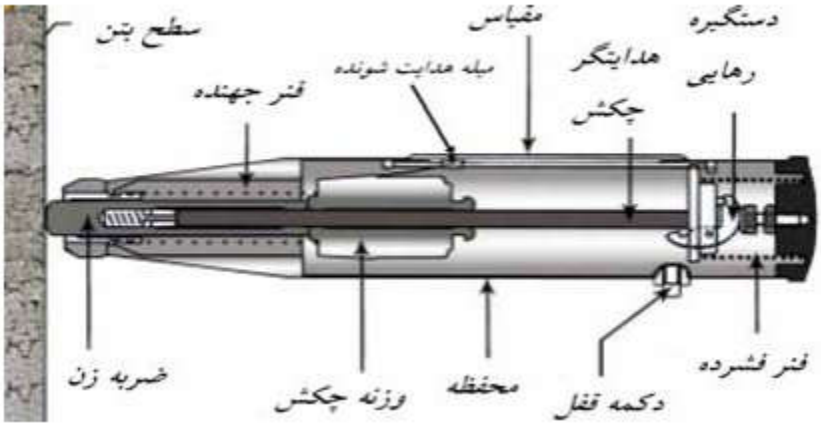


آزمایش خمش برای تعیین مقاومت کششی بتن

چکش اشمیت متداول ترین روش تعیین سختی سطح از روش های تست بتن بوده که به صورت غیر مخرب انجام می شود و به منظور اندازه گیری مقاومت فشاری بتن (fc) می باشد. برای تعیین سختی سطح بتن، بتن مورد آزمایش با انرژی ضربه ای مشخص با روش استاندارد ضربه زده شده و بزرگی بازگشت این عمل اندازه گیری می شود. چکش اشمیت روش ساده و سریعی است که توسط آن با هزینه کمی می توان یکنواختی سطح بتن سخت شده را نیزکنترل نمود. آزمایش چکش ارتجاعی برای تعیین یکنواختی بتن درجا می تواند بسیار مناسب باشد زیرا نتایج آزمایش لازم نیست که به دیگر ویژگی های بتن مرتبط شود. قبل از انجام آزمایش باید از کارکرد صحیح دستگاه اطمینان حاصل کرد و به همین منظور باید آن را توسط صفحه یا قطعه مرجع، مورد آزمایش قرار داد.آزمایش حداقل باید با فاصله 20 میلیمتر از لبه عضو انجام شود.

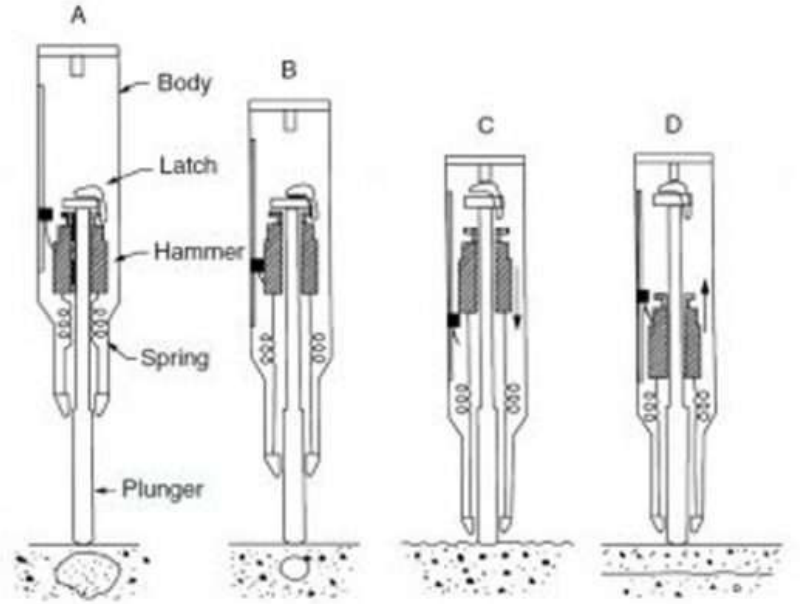
تست چکش اشمیت

در روش چکش اشمیت توسط فنری مشخص باری را روی پیستون در سر آن وارد می سازد. در آغاز آزمایش چکش اشمیت میله یا پیستون آزاد سر چکش اشمیت بر روی سطح بتن قرار می گیرد سپس بدنه خارجی چکش اشمیت به سطح بتن فشار داده می شود تا فنر داخل دستگاه کشیده شود. چفت دستگاه هنگامی که فنر کاملا کشیده شده و چکش اشمیت به سمت سطح بتن حرکت می کند، آزاد می گردد. چکش اشمیت به سر پیستون ضربه وارد می سازد وجرم همراه فنر بازگشت یافته و عقربه ای را با خود بر روی نواری مدرج حرکت می دهد تا از روی آن بتوان عدد بازگشت چکش اشمیت را قرائت نمود. عدد بازگشتی به سختی و جرم فنر بستگی داشته و از روی آن با تبدیلی خاص می توان سختی سطح را بدست آورد. در واقع عدد بازگشت همان فاصله برگشت وزنه است که نتایج بر حسب آن گزارش شده و توسط منحنی کالیبره به مقاومت فشاری بتن ارتباط داده می شود. منحنی کالیبره برای مقاومت فشاری در این روش دارای حساسیت بسیار بالایی بوده و تحت تأثیر عوامل متعددی از جمله نوع و مقدار سیمان ، نوع سنگدانه ، میزان رطوبت ، سن بتن ، درجه کربناسیون و حتی امتداد آزمایش قرار می گیرد.در این آزمون "عددپس جهندگی " که به مقاومت ملات (بتن بدون سنگدانه های درشت) نزدیک سطح بستگی دارد، اندازه گیری می شود. چون مقاومت ملات تعیین کنندۀ مقاومت بتن است، "عدد پس جهندگی" می تواند نشان دهنده مقاومت بتن باشد. این آزمون درجا طبعاً مزایایی نسبت به روش های آزمایشگاهی دارد. با این چکش می توان نقاط زیادی از سازه را آزموده و از تغییر کیفیت بتن در نقاط مختلف یک سازه بزرگ مطلع شد. رابطه مقاومت نمونه مکعبی با عدد پس جهندگی برای تعداد زیادی نمونه توسط تولید کنندگان این دستگاه ارائه شده است. ادعا می شود که خطای این روش در مورد بتن های با کیفیت خوب و متوسط ناچیز است و در مورد روسازی های بتنی، بهتر است به جای مقاومت، سختی سطح سنجیده شود. همچنین باید توجه داشت، در صورتی که ضربه چکش افقی نباشد، باید تصحیحاتی نیز طبق جداول سازنده انجام پذیرد.



قسمت های مختلف چکش اشمیت

این روش در سال 1948 توسط مهندس سوییسی ارنست اشمیت ابداع شد. اساس مسئله ضربه و برگشت مربوط به تئوری گسترش موج می باشد. یک موج فشاری وقتی پلانژر با سطح برخورد می کند تولید می شود و نیروی واکنش موج فشاری دیگری تولید می کند. نسبت این دو دامنه موج با عدد بازگشت و در نتیجه با مقاومت فشاری و خمشی همبستگی خوبی دارد.



تست غیر مخرب بتن-چکش اشمیت

در انجام تست و آزمایش غیر مخرب چکش اشمیت از استاندارد های ASTM C805 (روش تست استاندارد عدد بازگشت برای بتن سخت شده) و BS EN 12504-2:2012 (تست بتن در سازه ها) استفاده می شود.

عوامل موثر بر تست چکش اشمیت

چکش اشمیت روشی ساده و سریع است که با هزینه کم می توان توسط آن یکنواختی سطح بتن سخت شده را کنترل نمود. نتایج این روش به عوامل زیر بستگی دارد:

- نسبت های اختلاط
- سن و نوع عمل آوری
- صافی سطح
- رطوبت
- کربوناتاسیون سطح
- سختی عضو
- محل پیستون یا میله

نسبت های اختلاط

اگر چه نوع سیمان تاثیر کمی در عدد بازگشت دارد، لیکن نوع و مقدار سنگدانه نقش عمده ای در نتایج خواهد داشت. اگر هدف ارزیابی یکنواختی بتن باشد، محدودیت این روش چندان زیاد نیست ولی برای بدست آوردن ارتباط عدد بازگشت چکش اشمیت و مقاومت مسئله اهمیت داشته و محدود می گردد. برای تعیین این ارتباط لازم است سنگدانه ها کاملا بررسی و مشخص شده و منحنی های واسنجی لازم تهیه گردد.

سن و نوع عمل آوری

ارتباط مابین عدد بازگشت چکش اشمیت و مقاومت در مدت زمان طولانی میزان ثابتی نیست. همچنین درحالتی که عمل آوری در درجه حرارت بالا صورت گیرد، لازم است واسنجی خاصی صورت پذیرد.

صافی سطح

در این آزمایش سطح باید کاملا صاف و متراکم باشد. متاسفانه تغییرات در سطح و در شرایط فوق قابل اندازه گیری و تشخیص نیستند. همانطور که انتظار می رود این روش برای سطوح با بافت متخلخل یا سطح با سنگدانه نمایان مناسب نیست.

رطوبت

یک سطح مرطوب عدد بازگشت کمتری نسبت به یک سطح خشک خواهد داشت و در نتیجه می تواند بر ارتباط رابطه عدد چکش اشمیت و مقاومت تاثیر گذارد. بانجی معتقد است مقاومت ها در یک سطح خیس می تواند تا 20 درصد کمتر نشان داده شده باشد.

کربناتاسیون سطح

کربنات کلسیم که حاصل کربناتاسیون بتن بوده و در سطح آن ایجاد می شود بعلت سختی خود باعث افزایش عدد چکش اشمیت می شود. در هنگام آزمایش ساختمان های قدیمی که در آن ها کربناتاسیون اتفاق افتاده است توصیه می شود لایه کربناته شده سطحی برداشته شده و نتایج این بخش با سایر نتایج قسمت های دیگر سازه مقایسه گردد.

سختی عضو

سختی نمونه بتنی در آزمایشگاه یا عضو بتنی در محل سازه می بایستی به اندازه کافی زیاد باشد تا از ایجاد هرگونه لرزش هنگام ضربه چکش اشمیت جلوگیری نماید. هرنوع لرزشی سبب کاهش عدد چکش اشمیت شده و پیش بینی مقاومت را غیرقابل اعتماد می سازد.

محل پیستون یا میله

درصورتیکه میله روی سنگدانه سخت قرار گیرد اعداد بالایی از بازگشت توسط چکش اشمیت نشان داده می شود. در حالت عکس اگر میله روی سنگدانه نرم و یا حفره ای قرار گیرد، اعداد چکش اشمیت پایین تر خواهد بود. برای برطرف کردن این مورد در ASTM C805 توصیه شده است که برای آزمایش 10 نقطه مورد عمل قرار گیرد. در صورتیکه هر قرائت بیش از 7 واحد با متوسط قرائت ها اختلاف داشته باشد، کل قرائت ها درنظر گرفته نخواهد شد.

برای یافتن رابطه مناسب و قابل قبول بین عدد بازگشت چکش اشمیت و مقاومت فشاری نمونه، کلیه این عوامل در شرایط ایده آل در محل سازه باید ملحوظ گردد. دقت اندازه گیری مقاومت نمونه های بتنی در آزمایشگاه با یک چکش اشمیت کنترل شده و دقیق حدود 20 تا 15 درصد و در روی سازه بتنی در محل 25 درصد است.

مطالعات نشان داده است که سختی سنگ ها با مقاومت فشاری تک محوری و مدول کشسانی سنگ ها در ارتباط است در واقع سختی یکی از مفاهیم رایج است که برای توصیف رفتاری سنگ‌ها بکار می رود. سختی تابعی از عوامل ذاتی چون نوع کانی ها، ابعاد دانه ها، چسبندگی مرزی کانی ها، مقاومت و رفتار الاستیک و پلاستیک سنگ می باشد. ترکیب و اندرکنش این عوامل، تعیین کننده سختی یک سنگ است. روش های متعددی برای تعیین سختی سنگ پیشنهاد شده است که یکی از این روش ها بکارگیری وسیله ای به نام چکش اشمیت است. که معروف به آزمایشهای واجهشی یا دینامیکی است. با استفاده از این سختی می توان خصوصیات دیگر سنگ و بتن را مانند مقاومت فشاری آن، تخمین کرد. این روش که توسط انجمن بین المللی مکانیک سنگ ISRM به صورت استاندارد در آمده است. در مورد سنگ های خیلی نرم یا خیلی سخت دارای محدودیت هایی بوده است و نتایج قابل اطمینانی ارائه نمی دهد. چکش های اشمیتی که جهت تخمین مقاومت فشاری بتن بکار می رودانرژی ضربه فنر در حدود 207.2 ژول دارند که برای سازه های بتنی که مقاومتی بین 10 تا 70 مگا پاسکال دارند مناسب است.

نکاتی که در انجام این آزمایش می بایست مد نظر قرار داد عبارتند از:

- این تخمین عدد بازگشتی آزمایش بتن سخت شده توسط چکش فولادی با نیروی محرکه فنر می‌باشد.

- از این تست می توان در تعیین یکنواختی بتن درجا استفاده کرد برای تشخیص مناطقی از سازه که بتن ضعیف یا خراب دارد. همچنین برای روند افزایش مقاومت بتن کاربرد دارد.
- برای تخمین مقاومت بتن لازم است بین مقاومت بتن و عدد بازتاب رابطه ای بدست آورد. این رابطه برای هر طرح اختلاط بتن متفاوت خواهد بود. برای تخمین مقاومت در حین ساخت باید مقاومت نمونه های مکعبی در آزمایشگاه تعیین گردد و با استفاده از آن رابطه مذکور بدست آید. برای تخمین در بتن های ساخته شده باید رابطه فوق براساس تعیین مقاومت نمونه های کر بدست آمده از سازه تعیین شود.(ACI-228 R)
- برای یک طرح اختلاط مشخص عدد بازتاب تحت تاثیر عوامل مختلفی از جمله رطوبت سطحی بتن، روش بدست آوردن سطح نمونه و عمق کربناتاسیون بتن تاثیر می گذارد. این عوامل بایستی در رابطه ای که برای تخمین مقاومت بدست می آید و تفسیر نتایج تاثیر خودش را نشان دهد.
- با توجه به تخمینی بودن این آزمایش نمی تواند تعیین کننده در رد یا قبول بتن باشد.
- براساس موارد مندرج در استاندارد ASTM-C805 نتایج حاصل از این روش تنها محدود به کیفیت لایه سطحی بتن (عمق حدود 30 میلیمتر) بوده و تعیین مقاومت فشاری واقعی بتن با آزمایش شکستن (جک مقاومت فشاری) بتن امکان پذیر می باشد. علاوه بر آن از این وسیله بیشتر به منظور مقایسه نسبت اختلاط و میزان رطوبت بتن های یکسان استفاده می شود.

وسایل آزمایش چکش اشمیت

- چکش بازتاب اشمیت
- سنگ سنباده جهت سائیدن سطح بتن هوازده و همچنین مسطح کردن سطح بتن
- سندان یا صفحه فولادی از جنس فولاد بسیار سخت با قطر 15 سانتیمتر جهت کالیبراسیون

انتخاب سطح آزمایش

- حداقل ضخامت عضو مورد آزمایش 100 میلیمتر می باشد.
- مناطق متخلخل و دارای ترک و پوسته شده و هوازده نباشد.
- در مناطق ماله کشیده شده و زبر اعداد بزرگتری نسبت به مناطق قالب بندی شده می دهد.

آماده کردن سطح

- سطح انتخابی حداقل 150 میلیمتر
- ساییدن محل مذکور درصورتی که زبر یا ناصاف یا پوسته شده است و مسطح کردن آن
- سطح خیس عدد کمتری می دهد. و سطح زبر عدد بیشتر. سطوح کربناته باید قبل از آزمایش به مدت 24 ساعت خیسانده شود یا سطح کربناته برداشته شود.
- بتن های روی سطح زمین با سایر بتن های قسمت های سازه ای نبایستی با هم مقایسه شوند.

مواردی که در جوابها تاثیر می گذارد:

- بتن یخ زده عدد بسیار بیشتر می دهد.
- دمای چکش اشمیت تاثیر دارد (دمای کمتر از 18- سانتی گراد)
- جهت ضربه (عمودی، افقی)
- چکش های اشمیت مختلف حتی از یک کارخانه از یک تا سه واحد اختلاف دارند.
- عدم کالیبراسیون و سرویس کردن دستگاه
- جواب های یکسان در روی صفحه کالیبره تائید کننده جوابهای صحیح برای نمونه های دیگر نمی باشد.

مراحل انجام آزمایش چکش اشمیت

- چکش اشمیت قبل از هر آزمایش توسط یک آنویل (سندان) استاندارد، کالیبره می شود. میانگین ده قرائت روی آنویل استاندارد محاسبه شده و از آن برای تعیین ضریب تصحیح استفاده می شود.
- سطحی از نمونه که زیر پلانژر قرار می گیرد باید کاملا صاف و پرداخته شده باشد (چه در صحرا و چه در آزمایشگاه). این سطح و همچنین ماده سنگی زیر آن از هر گونه ناپیوستگی موضعی مربوط به توده سنگ باشد.
- قطعات مجزا و سنگ را باید محکم به یک پایه صلب بست تا نمونه در طی آزمایش از هرگونه تکان یا لرزش محفوظ باشد.
- مقدار سختی بدست آمده بستگی به راستای قرار گیری چکش اشمیت دارد. طبق پیشنهادISRM بهتر است که چکش اشمیت در یکی از سه وضعیت قائم به سمت بالا، افقی و یا قائم به سمت پایین قرار بگیرد.
- در هر سطح آزمایش 10 بار انجام شود و فاصله هرکدام از هم 2. 5 سانتیمتر کمتر نباشد و چنانچه سطح بتن خرد و شکسته شود آن نتیجه قابل قبول نیست.
- اعدادی که بیش از 6 واحد با میانگین فاصله دارند حذف گردد.
- اگر بیش از 2 نمونه حذف شود کل آزمایش باطل است
- در هر حالت مقدار انحراف چکش اشمیت نباید بیشتر از مثبت و منفی 5 درجه باشد. در صورتی که امکان انجام آزمایش در هیچ یک از جهات ذکر شده نباشد می توان آزمایش را با زاویه ای دلخواه انجام داد و سپس نتایج را برای حالات قائم و یا افقی تصحیح نمود. منحنی تصحیح معمولا توسط کارخانه سازنده چکش اشمیت ارائه می شود. زاویه قرارگیری چکش اشمیت و هرگونه تصحیح انجام شده روی نتایج باید یادداشت و گزارش گردد.
- دست کم 20 آزمایش مجزا باید روی هر نمونه سنگ انجام گیرد. نقاط مورد آزمایش باید حداقل به اندازه قطر پلانژر از هم فاصله داشته باشند. درصورت ایجاد هرگونه درزه و ترک بر اثر ضربه وارده، نتایج آزمایش باطل و نمونه مربوطه برای آزمایش های بعدی غیر قابل استفاده خواهد بود. وجود هرگونه خطا در آماده سازی نمونه و روش آزمایش باعث ایجاد مقادیر پایین تر سختی می شود.

کاربردها و قابلیت اطمینان نتایج آزمایش چکش ارتجاعی

کاربرد آزمایش چکش ارتجاعی به علت پارامترهای بسیاری که روی نتیجه آزمایش تأثیر می گذارند، محدود می باشد. چکش ارتجاعی، کمترین قابلیت اطمینان را در میان روش های آزمایش در محل برای ارزیابی مقاومت بتن دارد. برای چکش کالیبره شده دقیق و وضعیت آزمایشگاهی، دقت، بهتر از15± تا 20± درصد نمی باشد. مال هوترا در سال 1976نشان داده است که پراکندگی مورد انتظار برای فراهم کردن حدود اطمینان 95٪، بزرگ تر از 25± درصد است. بر اساس نظریه وی، دقت اندازه گیری مقاومت نمونه های بتنی در آزمایشگاه با یک چکش کالیبره شده و دقیق حدود 15± تا 20± درصد و روی سازه بتنی در محل 25± درصد می باشد. تخمین مقاومت بتن تنها با استفاده از یک منحنی کالیبره، به صورت عمومی کاملاً اشتباه می باشد. زیرا عوامل متعددی وجود دارند که اندازه گیری عدد بازگشت را تحت تأثیر قرار می دهند و بنابراین برای هر نوع بتن نیاز به منحنی کالیبراسیون خاص می باشد. بطورکلی روش سختی سطح، جایگزین روش های معتبر دیگر، برای تعیین مقاومت بتن در سازه محسوب نمی شود و فقط به عنوان روش مقدماتی و تکمیلی مفید است و اطلاعات حاصل از این روش تنها محدود به کیفیت لایه سطحی بتن می باشد.

دقت و خطا در آزمایش چکش اشمیت

فاصله بزرگترین و کوچکترین اعداد قرائت شده نباید بیش از 12 واحد اختلاف داشته باشند. تخمین میزان خطا ممکن نیست.

گزارش نتایج

- تاریخ و زمان آزمایش
- توضیح دقیق مکانهای انجام آزمایش و ابعاد عضو مورد بررسی

- توصیف اختلاط بتن و ابعاد درشت دانه
- مقاومت مشخصه بتن
- مشخصات سطح :سطح پودر شده یا ترک دار، پشت بند بودن سطح آزمایش، نحوه قالب گیری، نحوه آماده کردن سطح، نحوه تماس با هوا و محیط اطراف
- مشخصات چکش اشمیت : شماره سریال و ...
- دمای هوا
- زاویه چکش اشمیت حین آزمایش
- میانگین اعداد قرائت شده
- نکات مهم از جمله اعداد حذف شده و شرایط غیر عادی

مشکلات چکش اشمیت:

مقاومت تخمین زده شده توسط چکش اشمیت در سنین اولیه دارای نوسان بیشتری نسبت به مقاومت نهایی میباشد. میزان خطای چکش اشمیت برای ارزیابی کمی مقاومت نهایی بتن حدود 14 ٪می باشد . در صورت نا مناسب بودن ترکیب یا تناسب سنگدانه ها در بتن، با برخورد با ریزدانه ها مقاومت کمتر از میزان واقعی مقاومت نشان می دهد و در صورت برخورد با درشتدانه میزان مقاومت بیشتری در آزمایشات از خود نشان می دهد . این عمل زمانی که به میلگرد برخورد کند متفاوت می باشد که به دلیل کم بودن پوشش بتنی اتفاق می افتد. این موارد نشان دهنده سطحی بودن نتایج حاصله از تست چکش اشمیت می باشد. می توان با استفاده از به کارگیری ضریب اصلاح، نسبت به واقعی سازی نتایج آزمایش چکش اشمیت اقدام نمود.

فاکتورهای مهمی که موفقیت تست غیرمخرب را تحت تأثیر قرار می‌دهد شامل موارد زیر می شود:

- عمق نفوذ
- وضوح عمودی و افقی
- تمایز در خواص فیزیکی
- نسبت سیگنال به نویز
- اطلاعات موجود درباره سازه

مراحل انتخاب روش مناسب تست غیر مخرب :

1. شناسایی طبیعت فیزیکی خواص مصالح یا غیر یکنواختی موجود
2. شناسایی پروسه فیزیکی اساسی که تست غیر مخرب را کنترل می کند
3. شناسایی طبیعت فیزیکی اندرکنش میدان کاوش با مصالح مورد تست
4. شناسایی محدودیت های تکنولوژی در دسترس غیر مخرب
5. درنظر گرفتن فاکتورهای اقتصادی، زیست محیطی و قانونی

روش های تست های غیرمخرب فراوانی در صنعت عمران و مهنسی سازه مورد استفاده قرار می گیرد.

تست های غیر مخرب بتن:

1. اسکن میلگرد در بتن
2. آزمون مقاومت چسبندگی بتن – تست pull off
3. تست التراسونیک بتن
4. تست مقاومت بتن با چکش اشمیت
5. آزمایش هافسل (آزمایش پتانسیل خوردگی بتن)

امروزه آزمایش‌های غیر مخرب بتن تأثیر و عملکرد مناسب و کاربردی در تعمیرات سازه‌های بتنی دارد. آزمایش‌های غیر مخرب بتن با در اختیار قرارداد داده‌های مختلف سازه‌های موجود، به کارشناسان و متخصصین این امکان را می‌دهد تا در خصوص عملکرد، نیازها و روش‌های تعمیرات و بازسازی سازه‌های بتنی قضاوت و تصمیم‌گیری نمایند

روش غیرمخرب تست خوردگی فولاد در بتن نیازمند استفاده از سیستم نیم پیل و ولت متر با مقاومت ظاهری (امپدانس) بالا است. این سیستم قابلیت شناسایی جریان یون متحرک در بتن بین بخش های کاتدیک و آندیک را با اندازه گیری خطوط هم پتانسیل را دارا می باشد. بتن مانند یک الکترولیت عمل می کند و خطر خوردگی به اختلاف پتانسیل اندازه گیری شده بستگی دارد. تست پتانسیل خوردگی (آزمایش هافسل) روشی برای شناسایی محل های فعال و محتمل برای خوردگی است. توصیه می شود تست کربناتاسیون و یون محلول کلرید برای کسب نتایج دقیق تر انجام گیرد.

به طور کلی خوردگی آرماتورها در بتن مسلح بیشتر در محیط های مرطوب و پهنه های ساحلی کشور مشکل ایجاد می کند که عمر مفید سازه ها را کاهش می دهد. دو عامل مهم در وقوع این پدیده، استفاده از بتن با کیفیت نامناسب و عدم توجه به شرایط محیطی رویارویی می باشد.

نمونه ای از خوردگی بتن

خوردگی پایه پل ها

مقاومت بتن در برابر خوردگی به طور خلاصه به دو عامل بستگی دارد:

1. مقاومت بتن در مقابل نفوذ یون کلر که به ضخامت گوشته ی بتن و نفوذپذیری آن بستگی دارد.
2. مقاومت میلگرد در مقابل خوردگی که به نوع فولاد مورد استفاده، قلیائیت محیط داخلی بتن و واکنش های انجام شده روی

فولاد که ممکن است منجر به از بین رفتن پیوند بین فولاد و بتن شود، بستگی دارد.
برای اطلاع از استانداردها و دستورالعمل های مربوط به تست خوردگی فولاد یا نیم پیل می توانید به منبع زیر مراجعه نمایید:
ASTM C876-91: استاندارد آزمایش هافسل برای آرماتور بدون روکش در بتن
پتانسیل خوردگی فولاد در بتن مسلح را می توان با اندازه گیری اختلاف ولتاژ بین فولاد و یک الکترود مرجع در سطح بتن به دست آورد. اندازه گیری با روش نیم پیل روش ساده ایست که با کاربرد یک ولت متر با مقاومت بالا و یک الکترود مرجع استاندارد نظیر مس- سولفات مس صورت می گیرد. ولت متر فولاد را به الکترود مرجع به نحوی متصل می سازد که فولاد به قطب مثبت ولت متر وصل گردد. باید دقت کرد که اتصال بین الکترود مرجع و بتن برقرار گردد. این روش در سالهای اخیر توسعه یافته و وقتی خوردگی آرماتور محتمل باشد با موفقیت بطور گسترده بکار می‌رود و معمولاً شامل اندازه‌گیری پتانسیل فولاد آرماتور تعبیه شده نسبت به یک نیم پیل (هافسل) مرجع واقع در سطح بتن است. از پتانسیل اندازه گیری شده در روش نیم پیل می توان برای بررسی احتمال خوردگی فولاد در بتن مسلح استفاده نمود. با حرکت الکترود مرجع روی سطح بتن می توان منحنی های پتانسیل را رسم نمود و محل های احتمالی خوردگی فعال در سازه بتنی را معین کرد. این روش بخصوص برای برنامه ریزی تعمیر و یا پایش حفاظت کاتدیک روش مناسبی است.

تئوری، ابزار و روند کار نیم پیل (هافسل)

وقتی یک فلز در یک محلول غوطه ور می‌شود، در سطح بین مایع و جامد بدلیل توزیع غیر یکنواخت بار در فازهای مایع و جامد، اختلاف پتانسیل بوجود می‌آید. تعیین اختلاف پتانسیل ثابت در سطح بین میلگرد و بتن غیر ممکن می‌باشد بنابراین لازم است که الکترود دیگری برای تکمیل مدار الکتریکی تعریف شود. پتانسیل اندازه‌گیری شده بین این دو الکترود پتانسیل پیلی نامیده می‌شود که مجموع پتانسیل دو نیم پیل است. با رجوع به یک الکترود مرجع که دارای یک پتانسیل نیم پیل است، همیشه یک اختلاف پتانسیل ثابت بدست خواهد آمد. آزمایش هافسل بصورت گسترده در محل سازه بکار می رود و می تواند بسیار سریع و نسبتاً کم هزینه نواحی را که نیاز به بررسی بیشتر و یا تعمیر دارد مشخص نماید.
نتایج آزمایش می تواند تحت تأثیر عوامل زیر قرار بگیرد:
درجه رطوبت بتن: این اندازه گیری به میزان رطوبت بتن بسیار حساس است. پتانسیل منفی بیشتر در بتن هایی با درجه اشباع بالاتر بدست می آید. نتایج گمراه کننده ای درخصوص درصد احتمال خوردگی ممکن است در یک سازه و در بخش های یکسان که تحت شرایط خشک و یا مرطوب قرار می گیرد و اندازه گیری می شود حاصل شود.
میزان اکسیژن نزدیک آرماتور: فقدان اکسیژن نزدیک آرماتور منجر به ثبت اندازه گیری پتانسیل منفی بیش تر نسبت به نواحی هوادار می گردد. بایستی توجه داشت که فقدان اکسیژن معمولا به میزان قابل ملاحظه ای نرخ خوردگی را کاهش می دهد هرچند ممکن است پتانسیل منفی بیشتری را باعث گردد. بنابراین بایستی دقت نمود که در هنگام تعیین میزان احتمال خوردگی در سازه های بتن مسلح درجاییکه فقدان اکسیژن در نزدیکی آرماتور وجود دارد نظیر قسمت های مغروق یا زیر زمین سازه تحلیل دچار اشکال نگردد.
ریزترک ها: ریز ترک ها می توانند خوردگی موضعی ایجاد نمایند و مقاومت الکتریکی بتن را تغییر دهند و در اندازه گیری پتانسیل خوردگی تاثیر بگذارند.
جریانات پراکنده و غیر دائم: وجود جریانات پراکنده و غیر دائم بر اندازه گیری به روش نیم پیل تاثیر می گذارد.
به دلایل فوق ASTM C876 مشخص می نماید که این استاندارد در شرایط محیطی معینی نظیر زمانی که بتن خیلی خشک، کربناته شده، دارای یک پوشش سطحی و یا هنگامی که آرماتور دارای یک پوشش فلزی ست کاربردی ندارد. اگر چه روش نیم پیل روش مناسب و مورد توجهی است، لیکن نمی تواند بصورت کمی خوردگی را بیان کند.
معمولاً یک پیل (هافسل) سولفات مس / مس یا کلرید نقره / نقره است اما ترکیبات دیگری بکار می‌رود. انواع مختلف پیل (هافسل) مقادیر مختلفی از پتانسیل سطح تولید کرده و اصلاح نتایج در یک پیل (هافسل) استاندارد مناسب ممکن است در

هنگام تفسیر ضروری باشد. بتن مانند یک الکترولیت عمل می کند و منطقه آند خوردگی آرماتور فولادی در مجاورت نزدیک نقطه آزمون را می‌توان از نظر تجربی با اختلاف احتمالی اندازه گیری شده با ولت‌سنج دارای امپدانس بالا ارتباط داد.

جدا کردن پوشش بتن برای ایجاد تماس الکتریکی با آرماتور فولادی معمولاً ضروری است. این اتصال بسیار مهم است و یک پیچ self-tapping توصیه می شود اما پیوستگی الکتریکی کافی معمولاً در یک تور یا قفس آرماتور وجود دارد تا از نیاز به اتصالات مکرر جلوگیری کند. آماده‌سازی سطح از جمله مرطوب کردن نیز احتمالاً برای تضمین تماس مناسب ضروری خواهد بود.

روش های دو پیل (هافسل)ی، با اجتناب از نیاز به اتصالات الکتریکی به آرماتور را می توان برای آزمون مقایسه‌ای بکار برد اما چندان مورد اطمینان تصور نمی‌شود. این ابزار پایه بسیار ساده بوده و بررسی غیرمخرب سطح یک عضو بتن را برای تهیه نقشه های کانتر ایزو پتانسل میسر می‌کند. طیف وسیعی از ابزار که به لحاظ تجاری در دسترس است از جمله دستگاه های تک خوانشی دیجیتالی و همچنین دستگاه های چندپیل (هافسل) و چرخشی با ورود خودکار داده ها و امکانات چاپی که برای آزمون سریع و اقتصادی نواحی بزرگ طراحی شده است.

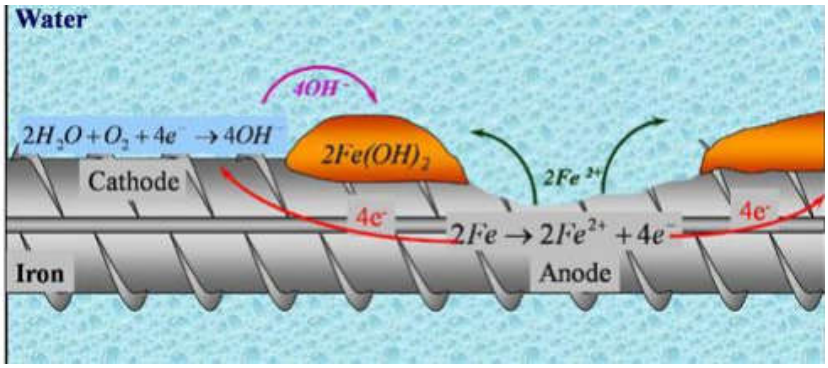
قابلیت اطمینان، محدودیت ها و کاربردها

آزمون Half Cell آزمایش هافسل (اختلاف پتانسیل الکتریکی) یکی از روش های الکتروشیمیایی آزمون خوردگی می باشد. خوردگی میلگرد های درون بتن یک واکنش الکتروشیمیایی می باشد. در بتن تازه که در آن مقدار PH بالاتر از ۱۲ می باشد میلگردها به طور طبیعی توسط بتن محافظت می شوند. هنگامی که غلظت یون های کلر در اطراف میلگردها افزایش می یابد و یا زمانی که کربناسیون به سطح میلگرد می رسد خوردگی آغاز می شود. سلول های خوردگی الکتروشیمیایی بیشماری بر سطح آرماتورها تشکیل می شود. نیرویی که باعث پیشرفت خوردگی می شود انرژی نهفته دورن فولاد می باشد که در طول پروسه تولید فولاد ذخیره شده است. آزمایش پتانسیل خوردگی هافسل بر روی بتن هایی که دارای آرماتورهای بدون پوشش می باشند قابل انجام است. این آرماتورها از نظر الکتریکی پیوسته بوده و هیچ مانعی بین سطح آرماتور و محل قرارگیری الکترود هافسل وجود نداشته باشد. همچنین دستگاه پتانسیل هافسل نیاز به الکترود اشباع سولفات مس دارد به گونه ای که به منظور اطمینان از قرائت ها باید در پایین الکترود کریستال های سولفات مس مشاهده شود. مفتول مسی متصل به دستگاه هافسل نیز باید به وسیله محلول رقیق اسیدی مرتباً تمیز شود. با توجه به استاندارد ASTM C876 سطح بتن را باید با محلولی که هادی الکتریسیته باشد کاملاً مرطوب نموده و تمام آب های اضافی را از روی آن جمع آوری نمود. همچنین باید زمان مناسبی را بین مرطوب کردن سطح و شروع آزمایش سپری کرد تا محلول هادی الکتریکی به درون بتن نفوذ کند. دستور استاندارد ASTM C876 برای تعیین پتانسیل خوردگی میلگردهای قطعات بتنی سازه ها در کارگاه (در محل) ارائه شده است مشروط بر اینکه میلگرد بتن دارای پوشش خاصی مانند اپوکسی یا روی نباشد. با این حال می توان در آزمایشگاه نیز این آزمایش را با تغییراتی انجام داد. برای این منظور از یک ولت متر و یک الکترود استفاده می شود و قطب مثبت مدار به الکترود و قطب منفی به میلگرد متصل می شود و ولتاژ (اختلاف پتانسیل) بین میلگرد و سطح بتن تعیین می گردد. معمولا محل تماس الکترود با سطح بتن به خوبی با مواد مرطوب کننده، مرطوب می شود تا اتصال برقرار گردد. در این آزمایش طبق دستور استاندارد از الکترود مس- سولفات مس استفاده می شود، اما می توان از الکترود کالومل اشباع یا الکترود نقره-کلرید نقره نیز استفاده کرد و نتایج بدست آمده را طبق استاندارد ASTM G3تبدیل نمود. ASTM C876 شروع فعالیت خوردگی را به صورت احتمالی و بشرح ذیل مشخص کرده است:

احتمال شروع فعالیت خوردگی

اختلاف پتانسیل V با الکترود مس–سولفات مس (mv)	احتمال شروع فعالیت خوردگی
V>350	بیش از ۹۰ درصد
350>V>200	حدود ۵۰ درصد
200>V	کمتر از ۱۰ درصد

در آزمایش هافسل باید میلگردها بصورت متصل تداوم داشته باشند و قطع در آنها باعث اختلال در نتایج می گردد. باید دانست که این آزمایش فقط اختلاف پتانسیل موجود را به دست می دهد که پتانسیل خوردگی نام دارد و به هیچ وجه آهنگ خوردگی یا میزان خوردگی میلگرد را به نمایش نمی گذارد. درهنگام اجرای این تست به صورت آزمایشگاهی میلگرد را داخل یک استوانه بتنی قرار می دهند و بخش عمده ای از بتن را در داخل آب دریا یا آب نمک (با غلظت های متفاوت) می گذارند و یک سر سیم را به میلگرد خارج از آب و الکترود را داخل آب دریا یا آب نمک قرار می دهند و ولتاژ را قرائت می کنند این آزمایش مستقیماً کیفیت بتن را بدست نمی دهد فقط می توان کیفیت بتن را در مقایسه با یکدیگر ارزیابی کرد و نشان داد کدام نمونه زودتر و کدام یک دیرتر فعالیت خوردگی را آغاز می نمایند. آزمایش هافسل و ارقام ذکر شده فقط برای میلگردهای بدون پوشش گالوانیزه ، اپوکسی و ... کاربرد و مفهوم دارند و برای میلگردهای پوشش دار و صنعت متفاوت خواهد بود. آزمون هافسل مستقیماً کیفیت بتن را بدست نمی دهد فقط می توان کیفیت بتن را در مقایسه با یکدیگر ارزیابی کرد و نشان داد کدام نمونه زودتر و کدام یک دیرتر فعالیت خوردگی را آغاز می نمایند . جهت بررسی این آنالیز کانتورهای دو بعدی ترسیم گردیده است.



مکانیزم خوردگی

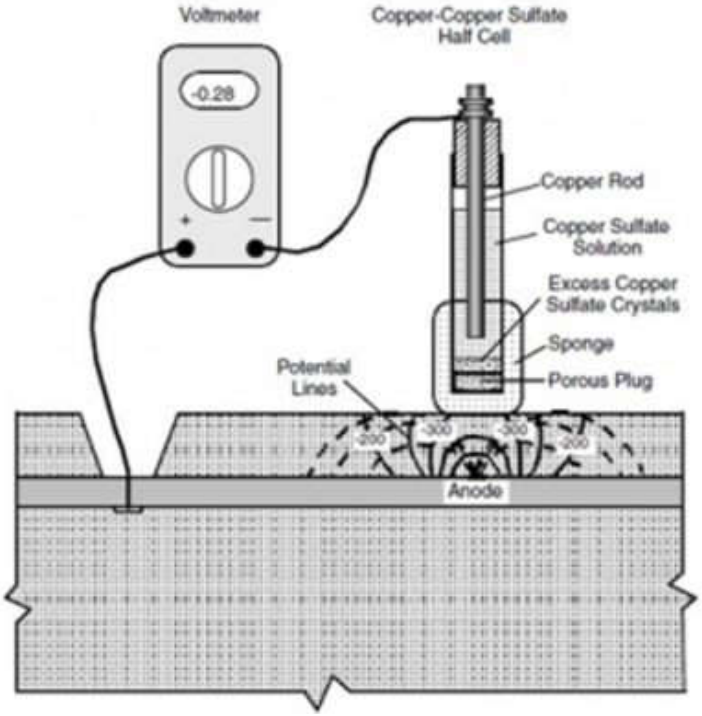
بتن های حاوی میکرو سیلیس اختلاف پتانسیل کمتری نسبت به بتن های فاقد ذرات میکرو سیلیس دارند. همچنین با افزایش حباب هوا نفوذ محلول بیشتر شده و رسانایی بیشتر نماید و اختلاف پتاسیل افزایش می یابد که این امر سبب خوردگی بیشتر می شود. حالت بهینه زمانی اتفاق می افتد که بتن حاوی میکروسیلیس و فاقد حباب هوا می باشد که در طرح اختلاط شماره ۱۲ دیده می شود و در این حالت بهینه کمترین اختلاف پتانسیل وجود دارد که موجب کاهش میزان خوردگی می شود.

نتایج آزمایش هافسل (half cell)

شماره طرح اختلاط	اختلاف پتانسیل نیم پیل
۱	٤٢٥
۲	۳۹۵
۳	۳۵۰
٤	۳۰۰
۵	۲۷۰
٦	۲۵۷
۷	۲۳۲
۸	۳۰٤
۹	۲۳۷
۱۰	۳۱٦
۱۱	۲۵۰
۱۲	۲۵۰

افزایش مقاومت باعث ایجاد روند کاهشی در اختلاف پتانسیل می شود. همچنین با کاهش حباب هوا ،میزان مقاومت افزایش می یابد. نمونه ای با میزان حباب هوای کمتر در مقاومت معین دارای اختلاف پتانسیل کمتری نسبت به سایر نمونه ها می باشد در نتیجه میزان خوردگی در این نمونه کمتر خواهد بود.افزایش نسبت آب به سیمان باعث کاهش مقاومت و همچنین افزایش اختلاف پتانسیل می شود که خود زمینه ساز افزایش خوردگی می شود. در نتیجه در نمونه هایی با نسبت آب به سیمان کمتر مقدار خوردگی کمتر است.

در کارگاه با ایجاد شبکه ای به فواصل 0.5 تا یک متر بر روی سطح بتن، اندازه گیری ها انجام می شود و خطوط تراز هم پتانسیل رسم می گردد. نتیجه آزمایش نمایانگر وجود فعالیت های خوردگی میلگردها در هنگام آزمایش می باشد. در ASTM C876 زمانی که از الکترود مس- سولفات مس استفاده می شود. باید توجه داشت که با انجام این آزمایش نمی توان مستقیما شدت خوردگی میلگرد و یا میزان خوردگی آن را تعیین نمود.بر اساس نتیجه آزمایش هافسل ، نمی توان در کارگاه در مورد کیفیت بتن ها از نظر نفوذپذیری در برابر یون کلرید یا CO2 به راحتی اظهارنظر نمود. در آزمایشگاه معمولا میلگردی را درون بتن به نحوی قرار می دهند که ضخامت بتن روی آن دقیقا مشخص و یکسان باشد. در صورتی که میلگردها کاملا مدفون در بتن باشد، باید سیمی را به آن وصل کرد و به بیرون انتقال داد. در صورتی که سر میلگرد بیرون از بتن باشد باید قسمت بیرونی و بخشی از قسمت درونی آن را (به میزان بیش از کاور) با اپوکسی پوشاند. معمولا نمونه های استوانه ای تهیه شده را تا دو سوم ارتفاع درون آب نمک قرار داده و در زمان های مختلف اختلاف پتانسیل قرائت می شود. هنوز دستور استانداردی غلظت آب نمک، نحوه تهیه نمونه، سن قرارگیری در آب نمک و غیره را مشخص نکرده است و پژوهشگران روش مشابهی را برای بتن های مختلف بکار می برند. در صورتی که میلگرد نمونه بتنی کاملا مدفون باشد می توان آن را کاملاً درون آب نمک غرقاب کرد.اعضای بتنی مانند اسکله ها، پایه های پل و ... که در معرض خوردگی قرار دارند و با استفاده از آزمایش هافسل ضعف اعضای مذکور در برابر عوامل خورنده ثابت شده است، را می توان با استفاده از ملات ترمیمی مخصوص شرکت افزیر، استفاده از ژاکت بتنی و یا استفاده از الیاف پلیمری FRP به همراه رزین های مخصوص، ترمیم و در برابر خوردگی مقاوم کرد.



نحوه انجام آزمایش هافسل

اسکن بتن می تواند برای آشکار سازی نواقص زیر سطح مانند حفره ها، لایه لایه شدن و وصله های کم کیفیت استفاده شود. علاوه بر این، روش های تست غیر مخرب مانند روش اسکن میلگرد را می توان برای یافتن میلگردهای فلزی، رشته های فشار کششی ، لوله ها یا سایر اجزای سازه ای و غیر سازه ای استفاده کرد.اسکنر آرماتور یا پوشش سنج به وسیله ای اطلاق می شود که توسط آن محل آرماتور و ضخامت پوشش بتنی روی آرماتور با استفاده از روش های الکترومغناطیسی تخمین زده می شود. برخلاف بتن، آرماتور داخل آن با امواج الکترومغناطیسی فرکانس پایین، اندرکنش شدید داشته و با اعمال این امواج از سطح می توان محل آرماتور را تشخیص داد. دو روش اصلی در دستگاه های تجاری تست پوشش سنج بکار می رود.

در روش اول آزمون از یک سیم پیچ محرک برای ایجاد شار مغناطیسی استفاده می شود. شار عبوری از بتن و شدت آن توسط یک سیم پیچ حساس اندازه گیری می شود. کل مدار توسط یک هسته فرومانیتیکی بسته می شود. بتن ماده هادی خوب شار مغناطیسی نیست و مقاومت بالایی دارد. هنگامی که جستجوگر دستگاه به محلی در نزدیکی آرماتور می رسد، سیم پیچ حساس شروع به نشان دادن یک شار مغناطیسی عبوری زیاد می کند زیرا آرماتور هادی خوبی است. شدت جریان اندازه گیری شده در سیم پیچ حساس به ضخامت پوشش بتنی روی آرماتور وابسته بوده و لذا با یک واسنجی مناسب می توان ضخامت پوشش بتن در میدان قوی را تخمین زد.

در روش دوم که برای یافتن محل آرماتور بکار می رود، با کاوش از سطح بتن با یک سیم پیچ الکتریکی متصل به یک منبع جریان متناوب و یک نشانگر جریان بررسی صورت می پذیرد. هنگامی که کاوشگر دستگاه در سطحی بدون آرماتور در زیر حرکت می کند، نشانگر جریان شروع به نشان دادن کاهش در جریان نموده و جریان کم شده تا به یک مقدار حداقل در زمانی که کاوشگر درست در بالای آرماتور قرار می گیرد، برسد. میدان مغناطیسی ایجاد شده توسط سیم پیچ در آرماتور جریان های گردابی القایی ایجاد می کند که این جریان ها به نوبه خود میدان مغناطیسی ثانویه بوجود می آورند. میدان ثانوی مغناطیسی جریانی برخلاف جریان اولیه ایجاد می کند که این دلیل کاهش جریان اولیه نشان داده شده توسط نشانگر در حالت وجود آرماتور در بتن است.

اسکن آرماتور در بتن

در زیر به چهار روش غیر مخرب اسکن میلگرد بتن اشاره شده است:

1. رادار نفوذی زمین

رادارهای نفوذی زمین (GPR) یک روش غیر مخرب بسیار مفید برای تصویربرداری و اسکن میلگرد بتن است. GPR از تابش الکترومغناطیسی پالس شده برای اسکن بتن استفاده می کند GPR از آنتن فرستنده و آنتن گیرنده و واحد پردازش سیگنال تشکیل شده است. GPR پالسهای الکترومغناطیسی (پالسهای راداری) با فرکانس مرکزی خاص را برای اسکن محیط زیرسطحی منتشر می کند. امواج منعکس شده از لایه های زیرسطحی و اجسام توسط آنتن گیرنده ضبط می شوند. دستگاه اسکن را می توان روی کامیون یا وسیله نقلیه ویژه سوار کرد و اسکن را با سرعت ترافیک انجام داد. این امر نیاز به تعطیلی جاده طولانی را از بین می برد. این عمل توسط ASTM D6087، 2008 استاندارد شده است.

مهمترین مزیت روش GPR سرعت تست است. مناطق بزرگ را می توان در یک دوره محدود اسکن کرد. از GPR می توان برای اسکن محل تقویت فولاد استفاده کرد. از این دستگاه می توان برای شناسایی پوشش بتنی استفاده کرد. در حالی که GPR نمی تواند به طور مستقیم مناطق بتنه را روی بتن تشخیص دهد، می تواند بطور غیرمستقیم لایه لایه شدن بالقوه را در جایی که میزان رطوبت متفاوت است شناسایی کند. خاطر نشان شده است که GPR نمی تواند اطلاعاتی در مورد خصوصیات مکانیکی بتن ارائه دهد.

آزمایش GPR روی صفحه دال بتنی

2. عکسبرداری التراسونیک

از روش التراسونیک Pulse Echo (UPE) می توان برای اندازه گیری ضخامت، تشخیص عیب، تشخیص لایه لایه شدن و ارزیابی صحت بتن استفاده کرد.مفهوم این روش متکی به انتشار امواج تنش از طریق مواد است. فرستنده یک پالس تنش را در یک سطح در دسترس در جسم معرفی می کند. پالس درون شیء آزمایش پخش می شود و توسط جریان ها یا رابط ها منعکس می شود. موج ضربه تابش شده و امواج صوتی منعکس شده در مبدل گیرنده کنترل می شوند. سیگنال ها در حوزه زمان تجزیه و تحلیل می

شوند، تا زمان حرکت موج را محاسبه کنند. UPE می تواند برای شناسایی موثر حفره ها و لکه های بی کیفیت در عناصر بتونی مانند صفحات و دیوارها استفاده شود.

با استفاده از این آزمایش التراسونیک روی بتن، موارد زیر قابل ارزیابی است:

1- ارزیابی کیفی مقاومت بتن، درجه بندی آن در مکانهای مختلف اعضای سازه و ترسیم آن.

2- هرگونه ناپیوستگی در سطح مقطع مانند ترک ها، پوشش لایه بندی بتن و غیره

3- عمق ترک های سطحی

تست التراسونیک بتن

تست سرعت پالس التراسونیک شامل اندازه گیری زمان حرکت، T پالس التراسونیک از 50 تا 54 کیلو هرتز است که توسط یک مبدل الکترو آکوستیک تولید می شود و در تماس با یک سطح از اعضای بتن تحت آزمایش قرار گرفته و همان را توسط یک مبدل مشابه در تماس با سطح در انتهای دیگر دریافت می کند.

با طول مسیر L، (یعنی فاصله بین دو کاوشگر) و زمان حرکت T، سرعت پالس(V = L / T) محاسبه می شود.

هر چه مدول الاستیک، چگالی و یکپارچگی بتن بالاتر باشد ، سرعت پالس بالاتر است. سرعت پالس التراسونیک به چگالی و خاصیت الاستیک ماده مورد آزمایش بستگی دارد.

3. رادیو گرافی با استفاده از اشعه X

اسکن و تصویربرداری بتن با استفاده از اشعه X می تواند با استفاده از روش های معمولی یا دستگاه دیجیتال انجام شود. تفاوت عمده در نحوه پردازش تصویر است. از آنجا که این فناوری از پرتوهای X پر انرژی استفاده می کند، معمولاً قبل از انجام آزمایش نیاز به تمیز کردن وجود دارد.

این بدان معنی است که برای انجام آزمایش باید فاصله مشخصی تقریبا 25 متر مشاهده شود. این آزمایش می تواند محل میلگرد فولادی را مشخص کند.

نتایج آزمایش باید توسط یک تکنسین باتجربه پردازش و تفسیر شود تا تصاویر را روی صفحه بتنی ترسیم کند. یک محدودیت عمده روش این است که اطلاعاتی در مورد عمق نقایص سطح زیر ارائه نمی دهد.

4. توموگرافی لرزه ای

توموگرافی لرزه ای مجموعه آزمایش ویژه ای است که مبتنی بر مفهوم UPV است. در این روش تعدادی از حسگرهای گیرنده در مکان های آزمایش قرار می گیرند و ثابت می شوند، در حالی که فرستنده حرکت می کند. پالس حاصل از فرستنده به وسیله مبدل گیرنده ، دریافت می شود. سرعت پالس در هر مسیر برای به دست آوردن نقشه های کانتور توموگرافی لرزه ای از وضعیت سازه های بتونی استفاده می شود. توموگرافی لرزه ای برای آزمایش عناصر بتنی در مقیاس بزرگ ایده آل است.

توموگرافی لرزه ای یک روش آزمایش ایده آل برای عناصر بتنی جرم است و می تواند نقایص داخلی را نشان دهد.

اندازه گیری کاور به روش الکترومغناطیسی

روش‌های الکترومغناطیسی معمولاً برای تعیین محل و کاور برای آرماتور تعبیه شده در بتن بکار می رود. دستگاه هایی که با باتری کار می‌کند و از نظر تجاری برای این منظور در دسترس اند، معمولاً به اسکن آرماتور معروف است. طیف وسیعی از آن‌ها از نظر تجاری در دسترس بوده و قابل استفاده است.

نظریه، تجهیزات و کالیبراسیون

اصل اساسی این است که وجود فولاد، میدان یک الکترومغناطیس را تحت تأثیر قرار می دهد که ممکن است شکل یک القاگر مغزه آهنی را به خود بگیرد. یک جریان متناوب از یکی از کویل ها عبور می کند در حالی که جریان القاء شده در کویل دیگر تقویت و اندازه‌گیری می شود. رأس جستجو ممکن است در واقع شامل یک سیستم کویل واحد یا چندگانه باشد با توجه به اینکه اصل فیزیکی مستلزم اثرات جریان گردابی یا القای مغناطیسی است. ابزارهای جریان گردابی شامل اندازه‌گیری تغییرات امپدانس است و

تحت تأثیر تمام فلزات رسانا قرار می‌گیرد و ابزارهای القای مغناطیسی شامل اندازه‌گیری ولتاژ القایی است و به مواد غیرمغناطیسی چندان حساسیت ندارد.
تأثیر فولاد بر جریان القایی با توجه به مسافت، غیرخطی است و همچنین تحت تأثیر قطر میله قرار دارد که کالیبراسیون را دشوار می کند. انواع ساده اسکن آرماتور که معمولاً مورد استفاده است، با استفاده از دو محدوده برای پوشش، معمولاً 40-10 میلی متر و 100-40 میلی متر بر این مساله غلبه می کند. مقیاس کالیبراسیون در نوارهای مربوط به کاور متغیر مشخص می شود و این امر با تأثیر قطر آرماتور مطابقت دارد. میله‌های کوچک یک خوانش در انتهای بالایی نشان می دهد اما میله‌های بزرگ یک خوانش در انتهای پائینی یک نوار خاص نشان می دهد زیرا تأثیر قطر بر طیفی از اندازه های میله از 32-10 میلی متر نسبتاً کم است. اگر بخواهیم میله‌های کمتر از 10 میلی متر یا بیشتر از 32 میلی متر اندازه‌گیری کنیم، کالیبراسیون ویژه‌ای ممکن است لازم باشد و می‌توان از مقیاس خطی که معمولاً ارائه می‌شود استفاده کرد. نسخه های اصلاح شده دیگر از این نوع ابزار شامل مدارات الکترونیکی پیچیده تر و خروجی دیجیتالی است که در دسترس است و می‌تواند قطر بار را منظور کرده و همچنین میله‌ها را در یک عمق بیشتر (در برخی موارد تا 300 میلی متر) شناسایی کند. این ابزارها گران‌تر از تجهیزات پایه است که در بالا ذکر شد. یک مدل ریزپردازنده که نوع فولاد را در نظر می‌گیرد و از امکان هشدار صوتی «پوشش کم» برخوردار است نیز در دسترس است پیشرفت‌های اخیر در تجهیزات اسکن میلگرد به مدل‌های متعددی منجر شده است که در هرجا که شناخته نشده است، کاور میله و خود قطر میله را ارزیابی می کند. این کار با استفاده از یک بلوک فاصله‌گذار یا با استفاده از یک راس جستجو تخصصی انجام می شود. توانایی اسکن یک اسکنر آرماتور در سطح بتن و ثبت مداوم خروجی در دیتا لاگر نیز اخیرا برای نمایش گرافیکی بعدی در دسترس قرار گرفته است.
کالیبراسیون پایه این ابزار مهم است. این روش‌ها شامل استفاده از منشور آزمایشی از بتن سیمانی عادی پورتلند است. میله آرماتور تمیز راست از نوع مناسب برای تصویر انداختن از منشور و ارائه طیفی از پوشش ها تعبیه می‌شود که می توان با قاعده فولاد برای مقایسه با خوانش سنج ان را دقیقا اندازه‌گیری کرد. در روش‌های دیگر میله با محل مناسب در هوا دقیقا اندازه گیری می‌شود. در همه روش‌ها لازم است از اثرات خارجی بر میدان مغناطیسی اجتناب کرد. تحت این شرایط، دقت این ابزار باید تا 5٪± یا 2 میلی متر باشد، هر کدام که بیشتر است.بررسی کالیبراسیون در محل نیز با توجه به نوع میله و بتن درگیر در پژوهش انجام می شود. در این بررسی ممکن است حفاری سوراخ‌های آزمایشی در طیفی از مقادیر پوشش‌ها برای اثبات خوانش‌ها و در صورت لزوم تنظیم مجدد دستگاه یا توسعه یک رابطه کالیبراسیون مجزا انجام گیرد.انتظار می‌رود توسعه دیگری نوع جدیدی از اسکن آرماتور مبتنی بر اصل نشت شار مغناطیسی را ارائه کند. میدان مغناطیسی جریان مستقیم عمود بر محور میله آرماتور از طریق یک پیوند سطحی تنظیم می شود که تا حدی میله را مغناطیسی می کند. یک سنسور که از یک قطب پیوند به قطب دیگر حرکت می‌کند، میدان نشت مغناطیسی القایی را شناسایی می کند که می توان برای تعیین عمق و قطر میله از آن استفاده کرد. نشت شار مغناطیسی نیز می‌تواند شناسایی یک کاهش در مقطع میله آرماتور را میسر کند مانند کاهشی که ناشی از خوردگی شدید حفره‌ای است. تلاش هایی برای استفاده از هوش مصنوعی شبکه عصبی برای ساده کردن تفسیر نتایج صورت گرفته است.

روال کار آزمایش اسکن میلگرد

اکثر اسکنر آرماتورها شامل یک واحد حاوی منبع توان، تقویت‌کننده و متر و یک واحد جستجوی مجزا حاوی الکترومغناطیس است که با یک کابل به واحد اصلی متصل است. خوانش در حال کار صفر می شود و واحد جستجوی دستی در سطح بتن مورد آزمون حرکت می کند. وجود آرماتور در محدوده کاری این دستگاه با حرکت سوزن نشانگر یا مقدار دیجیتالی مشخص خواهد شد. سپس واحد جستجو حرکت می کند و می چرخد تا حداکثر خوانش بدست آید و این موقعیت مطابق با محل میله (حداقل پوشش) خواهد بود. در برخی از ابزارها، خروجی صوتی درجه متغیر به کمک آن می‌آید. سپس سوزن یا خروجی پوشش را در مقیاس مناسب مشخص خواهد کرد در حالی که جهت میله با خط محور واحد جستجو موازی خواهد بود. استفاده از فاصله‌گذار نیز ممکن است برای بهبود دقت اندازه‌گیری پوشش‌های کمتر از 20 میلی متر ضروری باشد.تصویربرداری دو بعدی یا سه بعدی غیر مخرب

هیلتی (hilti)، مزایای زیادی دارد. به وسیله آن می توان اشیاء فلزی و غیر فلزی را در زمان واقعی تشخیص داد- بنابراین می توان با خطر کمتری برای صدمه به سیم کشی، لوله کشی یا تقویت سازه، حفاری، برش یا کرگیری کرد. همچنین می توان آزمایشات اسکن بتن را طبق شرایط خاص در هر سازه – بدون هزینه و تأخیرهای غیر ضروری انجام داد.

آزمایش اسکن بتن

اسکن بتن با استفاده دستگاه hilti

قابلیت اطمینان، محدودیت‌ها و کاربردهای روش اسکن میلگرد

هرچند این ابزار را می توان دقیقا برای میله‌های آرماتور خاص کالیبره کرد ، در اکثر شرایط عملی، دقتی که می توان بدست آورد به طور قابل توجهی کاهش خواهد یافت. عواملی که به احتمال زیاد علت این کاهش دقت است بر میدان مغناطیسی در محدوده سنجش‌گر ناثیر می گذارد و عبارتند از:

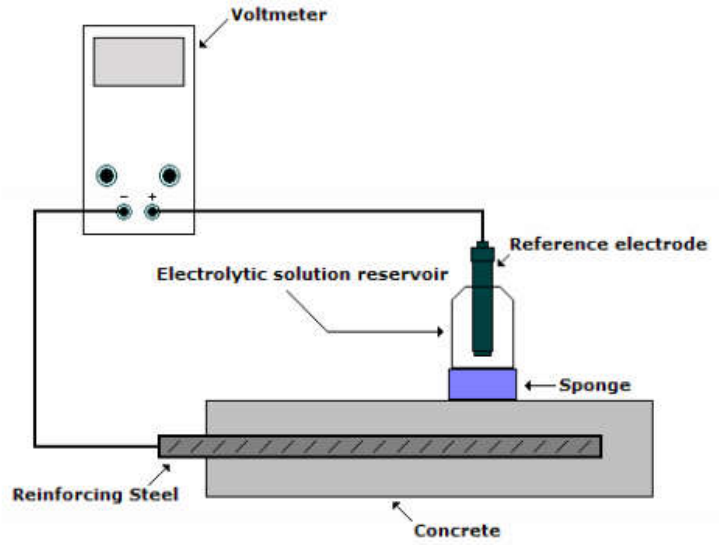
- حضور بیش از یک میله آرماتور: همپوشی، فولادهای عرضی به عنوان یک لایه دوم یا میله‌های با فاصله نزدیک (کمتر از سه برابر پوشش) می تواند نتایج گمراه کننده‌ای به بار آورد. در برخی از دستگاه‌ها، یک پروب نقطه‌ای کوچک غیر جهت‌دار را می توان برای بهبود تمایز بین میله‌های با فاصله نزدیک و یافتن میله‌های جانبی بکار برد.

- سیم های گره فلزی: وقتی این سیم‌ها وجود دارد یا وجود آن‌ها محتمل است، خوانش‌ها باید در فواصلی در امتداد خط آرماتور گرفته شده و میانگین آن‌ها گرفته شود.
- تغییرات در میزان آهن سیمان، و استفاده از سنگدانه‌ها با خواص مغناطیسی می تواند سبب کاهش شناسایی پوشش ها شود.
- ادعا می‌شود کاور سطحی اکسید آهن روی بتن، ناشی از استفاده از قالب فولادی موجب می‌شود پوشش آرماتور به طور قابل توجهی کم برآورد شود و باید در برابر آن محافظت شود.

گزارشات حاکی از آن است که دقت متوسط در محل در کاورهای کمتر از 100 میلی متر حدود 15٪± را می توان با حداکثر ±5 میلی متر انتظار داشت و باید به خاطر داشته باشیم مقیاس‌های کالیبراسیون به طور کلی مبتنی بر میله های فولادی گرد ساده با اندازه متوسط در بتن سیمانی پورتلند است. اگر بخواهیم از این ابزار در هر کدام از شرایط زیر استفاده کنیم، کالیبراسیون مجدد ویژه‌ای باید انجام گیرد:

- آرماتور به قطر کمتر از 10 میلی متر، فولاد با کشش بالا یا میله های تغییر شکل یافته: در این موارد، پوشش معین شده احتمالاً بیشتر از مقدار واقعی است. این امر همچنین در صورتی مصداق خواهد داشت که میله‌ها خمیده باشد و از اینرو با هسته الکترومغناطیس موازی نباشد.
- سیمان‌های ویژه از جمله سیمان دارای آلومینای بالا، یا رنگدانه های افزوده: در این موارد، پوشش معین شده احتمالاً کمتر از مقدار واقعی خواهد بود.
- آرماتور به قطر بیش از 32 میلی متر ممکن است در برخی مدل های اسکن میلگرد مستلزم کالیبراسیون مجدد باشد.
- برآوردهای قطر میله تنها در دو اندازه میله امکانپذیر خواهد بود. محدوده دمای عملیاتی اسکنر آرماتور نیز به طور کلی نسبتاً کوچک است و عملکرد مدل‌هایی که با باتری کار می‌کند معمولاً در دماهای زیر نقطه انجماد رضایت بخش است که می تواند به طور جدی کاربرد میدانی آنها را در زمستان محدود کند. ثبات در خوانش در برخی انواع ابزار می تواند مسئله ساز باشد و بررسی مکرر صفر ضروری است.

قابل اطمینان‌ترین کاربرد روش اسکن میلگرد در مکان یابی آرماتور در محل است و پوشش اعضایی که اندکی تقویت شده است اندازه‌گیری خواهد شد. با افزایش پیچیدگی و مقدار آرماتور، ارزش آزمون به طور قابل توجهی کاهش می یابد و در مناطقی که سنگدانه‌ها ممکن است خواص مغناطیسی داشته باشد باید دقت ویژه‌ای به خرج داد. مالوترا کاربرد آن در بررسی کیفیت بتن پیش ساخته را شرح داده است که در آن مقیاس خطی کالیبره می شود تا تعیین طیف قابل قبولی از مقادیر برای کنترل منظم اجزاء میسر شود. اسنل، والاس و راتلج نیز برنامه های نمونه برداری مفصلی را برای پژوهش در محل بررسی کرده و برای چنین موقعیت‌هایی یک روش آماری را توسعه داده‌اند. آلدرد تعدادی از اسکنر آرماتورهای مختلف را در آرماتور فولادی متراکم مقایسه کرده و ضرایب اصلاح را ارائه می‌کند که می توان برای تطبیق خطاهای اندازه گیری به کار برد.



شمای کلی آزمایش هافسل

مطالعات اولیه در مورد پتانسیل نیم پیل (هافسل) در درجه اول مربوط به عرشه های پل مرتفع در آمریکا است که در هر زمستان مقدار زیادی نمک ضد یخ به بتن‌های غیر ضد آب اضافه می‌شود. در شرایطی که دسترسی فراوانی به اکسیژن وجود دارد و آلودگی کلریدی از سطح وارد می شود، دستورالعمل های تفسیری را می توان برای ارزیابی خطر وقوع خوردگی ارائه کرد. در اعمال این دستورالعمل‌ها در شرایط محیطی مختلف باید دقت کرد. مطالعات بر روی عرشه پل اروپایی که در آن غشاءهای ضد آب بکار رفته یا نمک های ضد یخ اغلب کمتر بکار می‌رود، مجموعه متفاوتی از دستورالعمل های تفسیری را در پی دارد.

با اینکه تماس مرطوب بین نیم پیل (هافسل) و بتن مورد نیاز است، مرطوب کردن کامل سطح بتن می تواند نتایج بالقوه بسیار منفی تری تا 200 میلی ولت به بار آورد در حالی که بتن کاملاً اشباع از آب ممکن است قحطی اکسیژن را در پی داشته به مقادیر احتمالی منفی‌تر از 200- میلی ولت منجر شود.مطالعات بر روی بتن کربناته نشان داده است که خوردگی معمولاً با خوانش پتانسیل نیم پیل (هافسل) در محدوده 200 میلی ولت تا 500 میلی ولت ارتباط دارد اما با گرادیان احتمالی از گرادیان مشاهده شده با آلودگی خارجی کلریدی بسیار کم عمق‌تر است.وقتی کلریدها در بتن وجود دارد، به دلیل استفاده از شتاب دهنده کلرید کلسیم در ترکیب اصلی، خوردگی معمولاً با خوانش احتمالی نیم پیل در محدوده 100+ میلی ولت تا 400- میلی ولت ارتباط دارد و طیف پتانسیل هایی که نواحی به سرعت در حال خوردگی و ظاهرا بدون خوردگی را از هم جدا می‌کند اغلب بسیار محدود است. گرادیان‌های احتمالی نیم پیل اغلب به دلیل مجاورت نزدیک میکرو پیل (هافسل) های خوردگی مجاور روی سطح آرماتور فولادی غالباً کم عمق است.

در پرتو این معیارهای تفسیری متناقض، در حال حاضر استفاده از مقادیر احتمالی مطلق به عنوان وسیله ارزیابی احتمال وقوع خوردگی رایج‌تر است. رسم نقشه های کانتور ایزو پتانسیل ترجیح داده می شود. ریسک خوردگی محلی با «نواحی ویژه» از مناطق آند منفی‌تر و گرادیان احتمالی شیب دار مشخص می شود که با خطوط ایزو پتانسیل با فاصله نزدیک مشاهده می شود. مناطق منفی‌تر از 200 میلی ولت از «پتانسیل زمینه‌ای» اغلب نشان دهنده فعالیت خوردگی است.

در انجام یک نظرسنجی بالقوه، شبکه اولیه 0.5 متر تا 1 متر معمولاً برای نمونه‌برداری پتانسیل‌های سطحی بکار می‌رود. در مناطق مورد توجه خاص، یا وقتی فعالیت خوردگی ریز پیل (هافسل) محتمل است، شبکه ریز 0.1 متری را می توان بکار برد. باید اذعان کنیم روش نیم پیل (هافسل) نمی تواند نشان دهنده میزان واقعی خوردگی باشد یا حتی نمی‌تواند نشان دهد خوردگی قبلا آغاز

شده است. این آزمون فقط مناطقی را نشان می دهند که نیازمند بررسی بیشتر است و ارزیابی احتمال وقوع خوردگی را می توان با اندازه‌گیری مقاومت ویژه در این مناطق بهبود بخشید.

این روش هنگام ارزیابی شرایط نگهداری و تعمیر کاربرد وسیعی دارد و به ویژه در یافتن مقایسه‌ای مناطقی که خوردگی در آن ممکن است سبب مشکلات آتی شود و مناطقی که خوردگی بدون شواهد قابل مشاهده در سطح قبلا در آن روی داده است مفید است. به علاوه، این روش اغلب برای تأیید این مساله کاربرد دارد که پس از ترمیم سازه بتن مسلح آسیب دیده ناشی از خوردگی، انفعال بازگردانده می‌شود. این آزمایش مطابق با استاندارد ASTM C876 و با استفاده از الکترود مرجع SCE (Calomel) انجام شد.اندازه گیری پتانسیل خوردگی آرماتور، شامل تعیین اختلاف ولتاژ بین آرماتور و یک الکترود مرجع در تماس با بتن است. بسته به نوع الکترود مصرفی ، ولتاژ قرائت شده متفاوت خواهد بود و قابل تبدیل به یکدیگر می باشند.

تست pull off بتن برای تخمین مقاومت بتن در اواسط سال 1970 در دانشگاه بلفاست و کوییز انجام شد و قابلیت اطمینان آن مورد ارزیابی قرار گرفت و منجر به ساخت اولین دستگاه تجاری با عنوان Limpetگردید.

آزمون pull-off یا بیرون کشیدگی، یک تست بتن کارگاهی برای ارزیابی مقدار نیروی کششی مورد نیاز برای کشیدن دیسک چسبیده به سطح بتن با رزین اپوکسی یا پلی استر مناسب که مقاومت آن از مقاومت کششی بتن بیشتر است می باشد . به این دیسک فلزی دالی نیز گفته می شود. بتن دارای دالی به آرامی تا زمان گسیختگی تحت کشش قرار می گیرد. جهت جلوگیری از اثرات خرابی سطح بتن بر نتایج آزمایش و نیز به منظور ارزیابی چسبندگی نواحی تعمیری می توان از مغزه گیری جزئی در آزمایش استفاده کرد. قبل از این کار باید سطح بتن با کاغذ سمباده کاملاً صاف و تمیز شود سپس چسب در این ناحیه به سطح بتن آغشته می شود و دالی روی آن قرار می گیرد. بعد از گیرش کامل چسب نیروی کششی توسط دستگاه لیمپت به دیسک اعمال می شود. عمل افزایش نیروی کششی باید به آرامی صورت گیرد. لذا آنقدر نیرو وارد می کنیم تا یک قطعه بتن از سطح آن جدا شود و شکست اتفاق بیافتد.

آزمایش pull off

پرکاربرد ترین تست pull off (پول آف) تست چسب 007 می باشد. در این تست دیسک بوسیله چسب با مقاومت بالابه بتن می چسبد و سپس توسط اهرم کشیده می شود. برای اطلاع از استانداردها و دستورالعمل های مربوط به تست pull off می توانید به منابع زیر مراجعه نمایید:

ASTM D4541-109e1 :استاندارد تست مقاومت pull off پوشش با تستر چسبندگی قابل حمل

BS 1881-207:دستورالعمل تست بتن برای ارزیابی مقاومت بتن با تست های نزدیک به سطح

ملاحظات استانداردها در تست Pull off بتن

استانداردهای مختلفی این آزمایش را تحت پوشش قرار داده اند که از آن جمله می توان ASTM C1583 و BS 1881:Part 207 برای کاربردهای این روش در محل و استانداردهای BS EN 1542، ASTM D 4541و JSCE اشاره کرد که البته شامل ضوابط و توصیه های لازم در ارزیابی چسبندگی نواحی تعمیری نیز هستند. آئین نامه ASTM C158و JSCE میانگین حداقل سه آزمایش را مدنظر قرار داده اند. همچنین اکثر استانداردها لازم می دارند که به منظور جلوگیری از تأثیر نتایج آزمایشات برهم، فاصله مرکز به مرکز دو آزمایش مجاور هم حداقل دو برابر قطر دالی آزمایش باشد و در حالت انجام آزمایش با مغزه گیری جزئی حداقل عمق مغزه گیری را برابر10 میلی متر توصیه می کنند. با توجه به قطر دیسک 50 میلی متر، قطر مغزه نیز 50 میلی متر خواهد بود.به طور کلی در استانداردها رعایت محدودیت حداقل قطر مغزه به ماکزیمم سایز سنگ دانه برابر 3 توصیه شده است. این روش آزمون پیشنهادی، تنشی کششی را به سیستم ترکیبی اعمال می کند که صحت بتن موجود برای تعمیر و یا مقاومت پیوند بین لایه ای و یا مقاومت کششی مواد تعمیراتی را ارزیابی می کند. تنش کششی در این آزمون، محل گسیختگی و مقدار تنش گسیختگی را نیز مشخص می کند. همچنین، روش آزمون ممکن است برای ارزیابی قدرت چسبندگی مواد چسبنده استفاده شود. انجام آزمون های کششی Pull-off در کارگاه شامل مواد، تجهیزات و عملیات خطرناکی می باشد و بهتر است که کاربر قبل از اقدام ، موارد ایمنی مناسب را رعایت نماید.

استاندارد BS

بخشی از استاندارد BS 1881-207 به ارایه پیشنهادات در ارزیابی بتن توسط آزمایش نیمه مخرب pull-off پرداخته است. این استاندارد توصیه می نماید؛ ضخامت دیسک فلزی(دالی) در این آزمایش از 40 درصد قطر آن کمتر نباشد و این نسبت به ازای کاربرد دیسک آلومینیومی، 60 درصد می باشد. همچنین توصیه نموده است ابزار آزمایش دارای دقت اندازه گیری بار گسیختگی 2 درصد باشد و چنانچه آزمایش Pull Off پس از مغزه گیری انجام می پذیرد، فاصله فضای خالی پیرامون مغزه حداقل به اندازه قطر بزرگترین سنگدانه با شبکه میلگردها فاصله داشته باشد و انجام حداقل شش آزمایش را در محل برای ارزیابی مقاومت بتن الزامی دانسته است. این استاندارد پاک نمودن سطح آزمایش را از گرد و غبار و چربی ها به منظور فراهم نمودن شرایط چسبندگی مناسب و محدوده زمانی1.5 تا 24 ساعت را با توجه به نوع چسب برای عمل آوری آن الزامی می داند و توصیه می نماید، بار کششی مستقیم با نرخ رشد پایدار 0.05 ± 0.03 مگاپاسکال بدون ایجاد تکانه هایی که موجب گسیختگی شود بر دالی اعمال گردد و بار گسیختگی و مدهای شکست تواماً ثبت گردند و چنانچه شکست در چسب رخ دهد مقاومت ثبت شده تنها حد پایینی از مقاومت بتن را به نمایش می گذارد و در این حالت آزمایش می بایست مجدداً تکرار شود. این استاندارد تصریح می کند که نتایج می بایست به واحد مگاپاسکال گزارش شده و متوسط نتایج با دقت 0.1 مگاپاسکال رند گردد و استفاده از منحنی کالیبره آزمایشگاهی برای مرتبط نمودن مقاومت Pull Off به مقاومت فشاری بتن الزامی و آن را متأثر از نوع سنگ دانه، ضخامت و جنس دیسک می داند.

استاندارد ASTM

استاندارد ASTM–C1583–04 روش آزمایش Pull Off را در تعیین مقاومت سطحی کششی بتن و مقاومت چسبندگی تعمیرات پوشش می دهد. این استاندارد توصیه نموده است که ابزار آزمایش دارای دقت اندازه گیری بارگسیختگی 2 درصد باشد و انجام حداقل سه آزمایش با مدهای شکست مشابه را در محل الزامی می داند. این استاندارد توصیه می نماید؛ محل مورد آزمایش به اندازه کافی برای انجام روش های آزمایش بزرگ و حداقل دارای ابعاد 1 m x m 1 و معرف شرایط میدانی واقعی باشد. چنانچه پوشش بتن روی میلگردها کمتر از 20 میلیمتر باشد، دیسک نبایستی مستقیماً روی میلگردها یا شبکه آرماتور بندی نزدیک به سطح جایگذاری گردد. فاصله مرکز به مرکز نمونه های آزمایشی حداقل می بایستی به اندازه دو برابر قطر دیسک انتخاب شده و

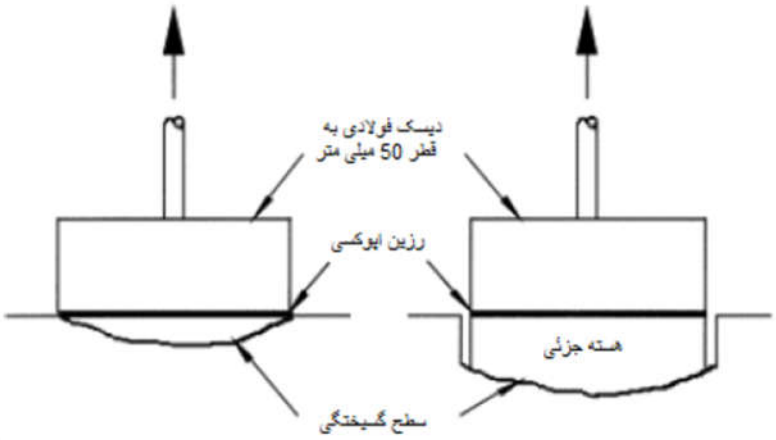
فاصله از مرکز دالی تا لبه آزاد نمونه مورد آزمایش می بایستی حداقل به اندازه قطر دالی باشد. این استاندارد حداقل عمق مغزه گیری را 10 میلیمتر توصیه می نماید و در صورتی که آزمایش مقاومت چسبندگی لایه تعمیری مد نظر باشد این عمق به اندازه حداقل 10 میلیمتر زیر لایه تعمیر توصیه شده است. برای تسریع در فرایند چسبندگی، می توان دیسک فولادی را حداکثر تا دمای50 درجه سانتی گراد گرم نمود. این استاندارد تصریح می کند که نتایج می بایست به واحد مگاپاسکال یا پوند بر اینچ مربع گزارش شود و متوسط نتایج با دقت 0.01 مگاپاسکال یا 1 پوند بر اینچ مربع رند گردد و شرایط آب و هوا و حرارت سطحی در طی آزمایش ثبت گردد.برای بتن ساخته شده از سیمان پرآلومین به منظور جلوگیری از خطا در نتیجه آزمایش، برشی معادل با قطر دیسک (دالی)در بتن ایجاد شده سپس آزمایش انجام می شود. ماهیت این آزمایش بر این عمل استوار است که مقدار نیروی کششی که لازم است بر دیسک فولادی اعمال شود تا دیسک (دالی)همراه با لایه سطحی بتن جدا گردد، با مقاومت بتن رابطه دارد.

مرور کلی روش تست Pull off در بتن :

آزمایش Pull Off به دو روش سطحی و مغزه جزئی انجام می گیرد . در روش سطحی، دیسک فلزی (فولادی یا آلومینیومی) مستقیماً بر روی سطح بتن چسبانده می شود. در این حالت فقط سطح بتن تحت تنش قرار دارد و نتایج بدست آمده با مقاومت کل بتن رابطه ضعیفی خواهد داشت. در روش مغزه جزئی، ابتدا مغزه گیری (مغزه ای که از بتن جدا نشده است) انجام می شود و سپس دیسک فلزی با چسب مخصوص روی سطح مغزه چسبانده می شود. مزیت این روش، ایجاد سطح گسیختگی در عمق بتن است. برای چسباندن دالی به بتن از چسب رزین اپوکسی مناسب استفاده می شود. دیسک فلزی (دالی) باید سطحی کاملاً صاف داشته باشد. سیستم بارگذاری به دیسک متصل می شود و نیروی کششی به صورت عمودی بر سطح مشترک بتن و دیسک اعمال می گردد.قبل از انجام آزمایش برای ایجاد سطحی صاف و هموار، سطح بتن، ماسه پاشی شده یا با کاغذ سنباده ساییده می شود و سپس از آلودگی ها، چربی ها و رطوبت پاک می گردد. اگر سطح مرطوب باشد ممکن است بوجود آوردن پیوستگی دشوار باشد.
بعد از گیرش و سخت شدن چسب، دستگاهی تحت نام داینا 1 ، بر روی سطح بتن قرار می گیرد و نیروی کششی به دیسک وارد می شود نیروی کششی اعمال شده توسط دستگاه با نرخ 3 مگاپاسکال بر دقیقه، به آرامی افزایش می یابد تا زمانی که بتن درست در زیر سطح گسیخته شود. سپس مقاومت اسمی Pull Off از تقسیم نیروی گسیختگی بر سطح مقطع دیسک یا مغزه محاسبه می شود.

برای اجرای آزمون Pull-Off یا بیرون کشیدگی:

1. محل و سطح مورد تست pull off را آماده نمایید
2. از یک مته کر گیری برای سوراخ کردن سطح بتن آماده شده یا مواد تعمیراتی موجود در بتن سیستم ترکیبی استفاده کنید
3. با استفاده از چسب با مقاومت بالا یک دیسک صلب را به روی حفره ایجاد شده متصل کنید
4. توسط دستگاه تست pull off، از طریق دیسک صلب یک بار کششی عمود بر هسته اعمال نمایید
5. استحکام اتصال کششی، به عنوان بار شکست تقسیم بر مساحت سطح مقطع هسته گزارش و نوع حالت شکست نیز شناسایی می شود.



نحوه انجام آزمایش pull off

تجهیزات و مواد مورد نیاز:

1. **ماشین کر گیری یا دریل:** ماشین کرگیری این قابلیت را دارد که بصورت عمود بر سطح مورد تست pull off و بدون فشار آوردن به هسته مورد حفاری کار کند. مته حفاری باید آلیاژ الماسه باشد.
2. **دیسک صلب:** قطر دیسک باید حداقل ۵۰ میلیمتر و با ضخامت مناسب جهت توزیع نیروی وارده بدون تاب خوردگی باشد. برای دیسک فولادی با قطر ۵۰ میلیمتر، حداقل ضخامت باید ۲۰ میلیمتر و دیسک با قطر ۷۵ میلیمتر باید دارای ضخامت ۳۰۰ میلیمتری باشد. برای دیسک آلومینیمی با قطر ۵۰ میلیمتر، حداقل ضخامت لازم ۲۵ میلیمتر و صفحه به قطر ۷۵ میلیمتر باید ۳۸ میلیمتر ضخامت داشته باشد. قطر سوراخ حفاری شده باید با قطر دیسک متناسب باشد.
3. **چسب:** مقاومت کششی اتصال بین دیسک و سطح مورد تست pull off باید بالاتر از مقاومت بتن یا مواد تعمیراتی باشد، لذا برای چسباندن دیسک سخت به مغزه حفاری شده، از چسب خمیری یا ژل مخصوص استفاده می گردد.
4. **دستگاه تست Pull-Off** : حداقل ظرفیت دستگاه باید حداقل دو برابر بارگذاری مجاز باشد. بعنوان مثال برای یک مغزه با قطر ۵۰ میلی متر، دستگاه مورد نیاز باید دارای ظرفیت حداقل ۱۵۰۰ پوند یا۷۵۰۰ نیوتن باشد که مطابق سفارش تولید کننده کالیبره شود.
5. **تجهیزات دیگر:** دماسنج و کولیس

روش آزمون:

1. **انتخاب محل آزمون**: محل باید سالم و عاری از لایه لایه شدگی (جدایش لایه ای) و فاقد اقلام تعبیه شده ای مثل شیر آلات و لوله و کابل و... باشد
2. **آماده سازی سطح:** سطح باید تمیز و عاری از آلودگی بوده و فاقد بتن تخریب شده و یا سست باشد. آماده سازی سطح باید مطابق الزامات پروژه و توصیه های کارخانه سازنده دستگاه صورت گیرد. برای تست pull off سطوح نامنظم، باید سطحی که اجازه می دهد تا دستگاه تست pull off استقرار یکنواخت و محکم و با جهت گیری مناسب به نمونه آزمون داشته باشد ایجاد گردد. برخی شرکتهای سازنده ، ساب زنی و تسطیح محل آزمون را توصیه کرده اند.

آماده سازی نمونه آزمون:

مغزه گیری: برای سطح بتن موجود یک استوانه قائم به عمق حداقل ۲۵ میلیمتر یا نصف قطر مغزه ایجاد کنید (هرکدام بزرگتر است). برای مغزه به قطر ۵۰ میلیمتر، حداقل عمق باید ۲۵ میلیمتر و برای قطر مغزه ۷۵ میلیمتر حداقل عمق حفاری باید ۳۸ میلیمتر باشد. برای بتن ترمیم شده کامپوزیتی نیز به همین شیوه عمل می شود. سپس تمام ضایعات ناشی از حفاری همچون گرد و غبار و آب را تمیز نموده و اجازه می دهیم تا کاملاً خشک شود.

دیسک را روی مغزه حفاری شده توسط چسب مناسب بچسبانید. سطح باید کاملا تمیز و دیسک در وسط قاعده مغزه قرار گیرد. چسب مورد استفاده را مطابق دستورالعمل سازنده عمل آوری کنید. چسب مورد استفاده نباید به داخل شیارهای اطراف مغزه بلغزد. در صورت چنین پیش آمدی نمونه را رها کرده و حفاری دیگری را انجام دهید. در دمای زیر ۲۰ درجه سلسیوس، برای تسریع در گیرش و عمل آوری چسب، میتوانید به آرامی دیسک را تا حداکثر ۵۰ درجه سلسیوس گرم کنید. برای اینکار هرگز از شعله مستقیم استفاده نکنید، سشوار گزینه مناسب تری است.

نحوه چسباندن دیسک(دالی) به بتن

آماده سازی سطح بتن نیازمند مراقبت قابل ملاحظه ای است. این کار شامل عملیات ماسه پاشی به منظور ایجاد سطح صاف و یکنواخت روی دانه هایی است که با چسب در ارتباط خواهند بود. این کار با پاک کردن لایه چربی و روغن به منظور اطمینان از یک چسبندگی خوب دنبال می شود. بسته به جنس چسب مورد استفاده و شرایط خاص ممکن است به چندین ساعت مراقبت نیاز داشته باشد. همچنین مراقبت ویژه ای برای سطوح مرطوب مورد نیاز است. در صورتی که علائمی دال بر خرابی چسبندگی بین دیسک، چسب و بتن مشاهده شود آزمایش نامعتبر خواهد بود. برای ارائه نتایج یک محل داده شده نیاز است بطور متوسط و جداگانه، تعدادی آزمایش بعمل آید. اگر تخمین مقاومت فشاری ضرورت داشته باشد، ایجاد یک نمودار کالیبره برای بتن تحت آزمایش الزامی است.

بارگذاری و تست Pull off در بتن

پس از آماده سازی، دستگاه تست Pull-Off را روی دیسک نصب نمایید. برای ایجاد یک بار کششی عمودی و بدون خروج از محوریت، قالب عکس العمل یا همان تکیه گاه دستگاه باید بصورت یکنواخت بر روی سطح قرار گیرد. پس از تعبیه، سیستم را با رنج حدود ۰۰۰۴ مگاپاسکال در ثانیه مورد بارگذاری کششی قرار دهید.

پس از بارگذاری، شکل جدایش صورت گرفته و عدد نیرو اطلاعات مورد نظر این تست خواهند بود.

اگر پیوند اتصال مناسب باشد باید گسیختگی در بستر بتنی صورت گیرد که در نتیجه آن حد پایین مقاومت چسبندگی بدست می آید. اگر ظرفیت اتصال ضعیف بوده و منجر به گسیختگی از نوع دیگری شود، این آزمایش میتواند بینشی کلی نسبت به رفتار اتصال و مکانیزم شکست بدست دهد. طبقه بندی نوع شکست به ارزیابی کیفی اتصال و شناسایی ماهیت تخریب کمک می نماید.

در این آزمایش چون این الیاف به دو صورت چسبندگی لمینیت های FRP و الیاف اشباع شده FRP در ترمیم بتن مورد استفاده قرار می گیرد. بهترین راهکار برای مقاوم سازی افزایش مقاومت کششی و چسبندگی الیاف اشباع در بتن ، تزریق رزین هایی با کیفیت بالا به بتن مورد آزمایش می باشد و در حالت لمینیت مناسب ترین روش استفاده از الیاف کارآمد و مناسب شرایط سازه ای و اجرایی می باشد.

نحوه انجام آزمایش Pull off

خرابی ناشی از آزمایش چندان شدید نیست با این حال محدودیت عمده آن زمان عمل آوری لازم برای اکثر چسب هاست. زمان آماده سازی سطح و چسباندن دیسک مطابق توصیه استانداردها بیشتر از 15 دقیقه طول نمی کشد. اگرچه با پیشرفت هایی که در توسعه رزین اپوکسی ها و چسب های صنعتی بوجود آمده این مسئله به عنوان مشکل تلقی نمی شود.

رابطه بین مقاومت فشاری و مقاومت Pull off

رابطه زیر ارتباط مقاومت فشاری بتن و مقاومت Pull off را نشان می دهد:

$$f_c = aP^b$$

که در آن fc مقاومت فشاری بتن بر حسب کیلوگرم بر سانتی متر مربع، P مقدار مقاومت Pull Off بر حسب کیلوگرم بر سانتی متر مربع و a, b ضرایب تجربی هستند که بسته به نوع بتن و شرایط آزمایش متغییرند.

تست التراسونیک بتن از جمله آزمایش های غیرمخرب بتن است. این آزمایش ها با در اختیار قرار دادن داده های مختلف سازه های موجود، به کارشناسان و متخصصین این امکان را می دهد تا در خصوص عملکرد، نیاز ها و روش های تعمیرات و بازسازی سازه های بتنی قضاوت و تصمیم گیری نمایند.از این تست برای تعیین مقاومت به وسیله ارزیابی همگنی و یکپارچگی بتن استفاده می شود. تست مذکور به واسطه ی بهره گیری از وسیله ی ارزیاب سرعت ضربه التراسونیک صورت می پذیرد. این روش با نام سرعت امواج پالسی ماورای صوت نیز شناخته می شود و اساس آن بر مبنای پراکندن قسمتی از موج ماورای صوت است که با سرعت متوسط 3 تا 5 کیلومتر بر ثانیه از میان بتن عبور می کند. این روش اولین بار در کانادا توسعه پیدا کرد.

تست التراسونیک بتن با **ارائه مقاومت فشاری نسبی، طول و ابعاد ترک های ایجاد شده در بتن**، به طراحان و کارشناسان امکان تصمیم گیری در زمینه طرح های مقاوم سازی و تقویت و یا صحت سنجی عملیات های انجام شده را می دهد. این آزمون در حال حاضر عمدتا مبتنی بر اندازه‌گیری سرعت پالس با استفاده از تکنیک‌های فراصوتی است. این روش به طور گسترده در سراسر جهان مورد قبول بوده و ابزار سبک و قدرتمند مناسبی است که راحت در سایت و نیز آزمایشگاه می‌توان از آن بهرمند شد.

تست التراسونیک بتن (Ultrasonic Testing)

سرعت پالس التراسونیک (UPV) یک روش غیر مخرب مؤثر (NDT) برای کنترل کیفیت مواد بتنی و شناسایی آسیب در اجزای سازه ای است. روش های UPV به طور مرسوم برای کنترل کیفیت مصالح و عموماً مصالح همگن مانند فلزات و اتصالات جوشی است. با پیشرفت های اخیر در تکنولوژی مبدل ها، این آزمایش به طور گسترده برای مصالح بتنی انجام می شود. آزمایش

اولتراسونیک بتن یک راه مؤثر برای **ارزیابی کیفیت و یکنواختی** و **ارائه مقاومت فشاری نسبی** و **تخمین عمق ترک** است.
روش این آزمون با عنوان "روش آزمون استاندارد برای سرعت پالس درون بتن" (ASTM C597 ,2016) استاندارد شده است.

تست التراسونیک بتن

آزمایش التراسونیک بتن چگونه کار می کند؟

در این آزمایش زمان عبور امواج صوتی در یک محیط اندازه گیری و سپس با خواص کششی و تراکم مصالح ارتباط داده می شود. زمان عبور امواج التراسونیک، شرایط داخلی ناحیه مورد آزمایش را نشان می دهد. به طور کلی، برای یک مسیر مشخص، زمان عبور بیشتر نشان دهنده ی بتنی باکیفیت پایین و نواقص است، در حالی که زمان عبور کمتر نشان دهنده بتن باکیفیت و ناهنجاری کمتر می باشد. هنگامی که موج التراسونیک درون ناحیه آزمایش گسترش می یابد، موج در مرز ناهنجاری ها منعکس شده و منجر به افزایش زمان عبور می شود. این باعث می گردد که زمان انتقال (موج های پایین‌تر) در بتن باکیفیت پایین، بیشتر و زمان انتقال(سرعت موج بالاتر) در بتن باکیفیت بالا، کمتر باشد.

تست التراسونیک بتن

کوپلنت / تماس بتن – مبدل

مبدل های UPV باید با سطح بتن کامل تماس داشته باشند، در غیر این صورت هوای محبوس بین مبدل و بتن ممکن است موجب خطای اندازه گیری شود. یکی از دلایل این امر این است که تنها مقدار ناچیزی از انرژی موج در یک تماس ضعیف انتقال می یابد. کوپلنت ماده ای است معمولاً مایع که فرآیند انتقال انرژی فراصوتی از مبدل به قطعه ی مورد آزمون را تسهیل می کند. کوپلنت های مختلف می توانند برای از بین بردن حباب های هوا و اطمینان از تماس خوب بین بتن و مبدل استفاده شوند. توصیه می‌شود لایه کوپلنت تا حد ممکن نازک در نظر گرفته شود.

کاربردهای تست التراسونیک در بتن

- تعیین سرعت پالس
- بررسی کیفیت بتن
- بررسی همگنی و یکنواختی در بتن
- اندازه گیری عمق ترک سطحی
- پیش بینی مقاومت فشاری بتن
- اندازه گیری تغییرات خواص بتن با گذشت زمان
- تعیین مدول ارتجاعی و ضریب پواسون دینامیکی

نظریه انتشار پالس در داخل بتن

ضربه بر یک حجم جامد، سه نوع موج تولید می‌کند. امواج سطحی دارای جابجایی ذرات بیضوی، کندترین امواج هستند در صورتی که امواج برشی و عرضی با جابجایی ذرات در زوایای قائم به سمت حرکت، سریعتر هستند. امواج طولی دارای جابجایی ذرات در جهت حرکت (که گاهی به امواج فشاری معروف است) مهم‌ترین امواج هستند زیرا سریع‌ترین موج‌ها بوده و به طور کلی اطلاعات مفیدتری ارائه می‌کنند. مبدل‌های الکترو-اکوستیکی در اصل این نوع امواج را تولید می‌کنند؛ انواع دیگر به دلیل سرعت پایین آن‌ها به طور کلی تداخل چندانی ایجاد نمی‌کند.از روی ویژگی های انتشار امواج التراسونیک می توان برای شناسایی خصوصیات ترکیب مصالح، ساختار، خواص الاستیسیته، چگالی و هندسه استفاده کرد. از این تکنیک غیرتهاجمی همچنین برای شناسایی و توصیف معایب در مصالح و همچنین شدت خرابی با مشاهده پراکندگی امواج التراسونیک می توان بهره برد. تکنیک پایه روش پالس سرعت التراسونیک شامل تبدیل پالس ولتاژ به پالس التراسونیک و برعکس با تبدیل و دریافت مبدل می باشد. مبدل تبدیل روی بتن قرار گرفته و پالس التراسونیک را از داخل نمونه عبور می دهد. پالس التراسونیک از داخل نمونه بتن عبور کرده و بوسیله مبدل دریافت کننده در انتهای مخالف دریافت می شود که این مبدل پالس التراسونیک را به پالس ولتاژ تبدیل می کند. با اطلاع از فاصله بین دو نقطه سرعت پالس موج بدست می آید. سرعت پالس التراسونیک گزارش دقیقی از نمونه تحت تست التراسونیک بدست می دهد.

برای اطلاع از استانداردها و دستورالعمل های مربوط به تست التراسونیک می توانید به منبع زیر مراجعه نمایید:

ASTM C597: استاندارد تست سرعت پالس داخل بتن

BS EN 12504-4: تست بتن- ارزیابی سرعت پالس التراسونیک

فاکتورهای موثر بر نتیجه تست التراسونیک شامل خواص سنگدانه ها، نوع سیمان، نسبت آب به سیمان، طرح اختلاط و سن بتن می باشند. همچنین وجود آرماتور مدفون در مسیر پالس تاثیر بسزایی در سرعت پالس التراسونیک دارد. با درنظر گرفتن این فاکتورها طی تحلیل، روش های التراسونیک روش بسیار خوبی برای ارزیابی غیریکنواختی و دوام بتن به صورت ساده و ارزان هستند.

عوامل موثر در سرعت امواج التراسونیک در بتن

سرعت امواج التراسونیک در بتن تحت تاثیر عوامل مختلفی تغییر می کند. این عوامل به طور خلاصه عبارتند از:

- سن بتن
- شرایط رطوبتی

- نوع و مقدار سنگدانه
- ریز ترک ها
- وجود آرماتور

سن بتن

با پیشرفت هیدراتاسیون سیمان، تخلخل بتن کاهش یافته و امواج التراسونیک در جسم جامد سریع تر حرکت می کنند. از این خاصیت می توان در آزمایشگاه برای مطالعه تغییرات در واکنش ها در اثر استفاده از افزودنی های مختلف و نیز در کارگاه و محل برای بررسی روند پیشرفت هیدراتاسیون در اثر شرایط موجود رطوبتی و دمایی استفاده نمود.

شرایط رطوبتی

سرعت امواج التراسونیک در بتن در شرایط اشباع افزایش می یابد.

نوع و مقدار سنگدانه

سنگدانه ها عموما نسبت به خمیر سیمان دارای سرعت امواج التراسونیک عبوری بیشتری می باشند و با افزایش میزان سنگدانه برای میزان خمیر سیمان ثابت، سرعت امواج مخلوط افزایش خواهد یافت.

ریزترک ها

معمولا وقتی که یک عضو بتنی تحت تنشی بزرگتر از 50 درصد مقاومت فشاری خود قرار می گیرند، ترک در آن تشکیل می شود. همچنین از قرارگیری بتن در محیط های مهاجم نیز ریزترک ها تشکیل می شوند. ریزترک ها سبب کاهش مدول ارتجاعی بتن و در نتیجه کاهش سرعت امواج التراسونیک در داخل بتن می شوند.

وجود آرماتور

در هنگام اندازه گیری سرعت امواج التراسونیک در داخل بتن از وجود آرماتور باید پرهیز نمود. وجود آرماتور سبب افزایش سرعت ظاهری امواج التراسونیک در بتن می گردد.

پارامترهای مؤثر در تست التراسونیک بتن

برای انجام یک آزمایش التراسونیک قابل اعتماد، سطح بتن باید تمیز و بدون گرد و غبار باشد. برای ایجاد یک اتصال ایده آل بین بتن و مبدل‌های UPV کوپلنت مناسب مورد نیاز است. از آنجایی که سرعت حرکت موج در فلز بسیار بالاتر از بتن است، باید به میلگرد در بتن توجه ویژه داشت. تفسیر نتایج آزمایش در بتن مسلح دارای میلگرد تقویتی زیاد تا حدودی دشوار است. به طورکلی، بررسی مسائل زیر باید قبل، حین آزمایش و بعد از انجام آن مورد توجه قرار گیرد:

- ویژگی های بتن (اندازه دانه، نوع و محتوا)
- تماس مبدل / مصالح کوپلنت
- حضور میلگرد

ابزار سرعت پالس و کاربرد آن

ابزار آزمون باید وسیله ای برای تولید پالس التراسونیک فراهم کند که آن را به بتن فرستاده، پالس التراسونیک را دریافت و تقویت کرده و مدت آن را نشان می‌دهد.پالس های التراسونیک ولتاژ تکراری به صورت الکترونیکی تولید شده و به وسیله مبدل انتقال دهنده، به انفجار موجی انرژی مکانیکی تبدیل می‌شوند که باید از طریق یک واسطه مناسب به سطح بتن متصل شود. یک مبدل گیرنده مشابه نیز در یک فاصله معلوم از فرستنده به بتن متصل شده و انرژی مکانیکی دوباره به پالس الکتریکی با همان فرکانس تبدیل می‌شود. دستگاه زمان بندی الکترونیکی، فاصله زمانی بین آغاز و دریافت پالس التراسونیک را اندازه‌گیری می‌کند و روی نوسان نما یا به صورت بازخوانی دیجیتالی نمایش داده می‌شود. این ابزار باید بتواند زمان انتقال را با دقت $\pm 1\%$ اندازه‌گیری کند. برای اطمینان از آغاز پالس التراسونیک تند، زمان خیز پالس التراسونیک الکترونیک به فرستنده باید کمتر از یک چهارم مدت

طبیعی آن باشد. فرکانس تکرار پالس التراسونیک باید آنقدر کم باشد که از تداخل بین پالس‌های التراسونیک متوالی جلوگیری کند و عملکرد باید در یک محدوده شرایط جوی و عملیاتی معقول حفظ شود.

بیشتر دستگاه های التراسونیک عیوب را بوسیله یکی از موارد زیر تشخیص و نشان می دهند:

- انعکاس انرژی از مرز فلز-گاز، مرز فلز-مایعو یا سایر ناپیوستگی های درون فلز
- زمان عبور امواج صوتی درون قطعه از نقطه ورود امواج به ماده در پراب فرستنده تا نقطه خروج امواج از ماده به پراب گیرنده
- ضعیف دسته امواج صوتی به صورت جذب و متفرق شدن در داخل قطعه

تست التراسونیک

شرکت Proceq (Switzerland) که در سال 1945 تأسیس شده، همواره به عنوان یکی از شرکت‌های پیشرو در زمینه تولید ابزار با کیفیت برای تست غیر مخرب موادی همچون بتن، فلز و... در دنیا مطرح بوده است، شرکت مقاوم سازی افزیر با استفاده از محصولات این برند با کیفیت بین المللی و پرسنل مجرب با دانش فنی بالا و متعهد، ارائه ی خدمات مانیتورینگ را در هر سطحی فراهم کرده است.

محدودیت های تست التراسونیک در بتن:

- یافتن عیوب به روش التراسونیک دستی مستلزم دقت و مهارت اپراتور است.
- دانش فنی زیادی جهت تهیه دستورالعمل تست التراسونیک مورد نیاز است.
- قطعات زبر و ناهموار، اجزاء خیلی کوچک و نازک به سختی قابل تست هستند.
- ناپیوستگی های کوچک که خیلی نزدیک به سطح هستند ممکن است تشخیص داده نشوند.
- جهت عبور موثر انرژی امواج التراسونیک بین پراب و قمست مورد تست نیاز به ماده واسطه (Couplant) می‌باشد.
- برای کالیبره کردن دستگاه و مشخص کردن نوع عیب نیاز به استاندارد مرجع می باشد.

کاربرد تست التراسونیک بتن در شرکت افزیر

دستگاه Pundit Lab+، علاوه بر اندازه گیری سرعت پالس و زمان انتقال امواج، امکان اندازه گیری موارد دیگری ازجمله محاسبه طول مسیر، عمق ترک عمودی، مدول الاستیک دینامیکی و سرعت سطح را نیز فراهم می‌آورد. مورد بسیار خاص این دستگاه، اندازه گیری مقاومت فشاری بتن با روش (SONREB) با استفاده از عدد چکش اشمیت می باشد که خروجی دقیق تری را در اختیار کاربر قرار می دهد.

برخی برتری های این دستگاه نسبت به ابزار رایج به شرح زیر است:

- نمایش یکپارچه شکل موج
- اتصال دستگاه با کابل USB و نرم‌افزار Pundit Link به کامپیوتر و نمایش همزمان موج روی دستگاه و کامپیوتر و انتقال داده‌ها به سیستم برای تحلیل و ایجاد خروجی مناسب دیگر نرم افزارها.
- گزینه های متعدد منبع تغذیه: باتری، آداپتور AC، اتصال به کامپیوتر از طریق کابل USB
- اندازه‌گیری عمق ترک عمودی در بتن
- بررسی و بهینه سازی قالب موج برشی و انتقال آن به نرم افزارهای آنالیز
- قرائت و مشاهده شرایط ارسال موج برشی به صورت مستقیم در نمایشگر دستگاه
- کنترل کامل کاربر به انتقال اطلاعات به صورت آنلاین
- تخمین مقاومت فشاری بتن با استفاده از منحنی‌های ایجاد شده در دستگاه
- ادغام نتایج آزمایش های ضربات چکش اشمیت جهت افزایش دقت و ارزیابی نتایج مقاومت فشاری
- درج مشخصات زمان و تاریخ بر روی گزارشات آزمایش.
- ذخیره اطلاعات در حافظه دستگاه

روش های انجام تست التراسونیک در بتن

مشهورترین دستگاهی که برای انجام تست التراسونیک بتن به کار می رود موسوم به Pundit است. توسط این دستگاه پالس های ماورای صوت با اعمال یک تغییر ناگهانی پتانسیل از یک فرستنده محرک به یک کریستال پیزوالکتریک مبدل که ارتعاشی با فرکانس اصلی خود صادر می نماید ایجاد می شود. مبدل فرستنده در تماس با دو وجه بتن قرار می گیرد و ارتعاشات، پس از عبور از بتن توسط مبدل گیرنده دریافت می شود. نحوه قرار دادن مولدها در این آزمایش به سه روش انتقال مستقیم، نیمه مستقیم و سطحی امکان پذیر است که مناسب ترین وضعیت برای انتقال امواج به صورت انتقال مستقیم می باشد. در این وضعیت چون امواج از درون بتن عبور می کنند نسبت به دو حالت دیگر دارای دقت بالاتری می باشد . بر اساس نتایج سرعت امواج التراسونیک و مقاومت فشاری نمونه های استاندارد، منحنی کالیبره تهیه می گردد. محققین متعددی رابطه بین مقاومت بتن و سرعت امواج التراسونیک را مورد مطالعه قرار داده اند. مطالعات به عمل آمده نشان می دهد که هیچ گونه رابطه واحدی بین این سرعت و مقاومت بتن وجود ندارد.برای مثال نوع سنگدانه و مقدار آن و همچنین میزان رطوبت ، دما و حضور آرماتور بر روی رابطه میان سرعت امواج و مقاومت ، مؤثر می باشد وشاید بتوان در شرایط مشخص شده ای این دو پارامتر را به یکدیگر ارتباط داد.

در این تست زمان انتقال ضربه ی التراسونیک با فرکانس 50 الی 54 کیلوهرتز اندازه گیری می شود. ضربه به کمک سیستم مبدل الکتروصوتی تولید می شود. هرچه سرعت پالس بالاتر باشد، مدول الاستیک، چگالی و یکپارچگی بتن نیز بیشتر خواهد بود.

قبل از شروع آزمایش، ضروری است دستگاه تنظیم و کالیبره شود. به عبارت دیگر دستگاه روی قرائت مبنای صفر قرار داده شود. به همین منظور مولدها در دو طرف میله مرجع قرار داده می شوند و سپس بر مبنای مدت زمان درج شده بر روی آن میله، قرائت دستگاه تنظیم می گردد. چنانچه قرائت دستگاه مساوی با مدت زمان درج شده بر روی میله مرجع باشد، نشانه تنظیم و کالیبره شدن دستگاه است. معمولاً میله هایی که برای تنظیم دستگاه مورد استفاده قرار می گیرند دارای مدت زمان عبور موجی برابر با 25 میکرو ثانیه می باشند.به منظور اطمینان از اینکه امواج تولید شده در مولد فرستده به درون بتن وارد شده و سپس توسط مولد گیرنده دریافت می گردند، ضروری است که اتصال صوتی مناسب بین مول دها و سطح بتن برقرار باشد. مواد مخصوص اتصال شامل وازلین، گریس، خمیر کائولین و گلیسرول می باشند. که مناسب ترین آنها وازلین است. برای برقرای ارتباط مناسب میان مولد ها و میله مرجع باید از مواد مخصوص اتصال، به میزان حداقل مقدار ممکن استفاده نمود.از آنجا که حداکثر انرژی پالس التراسونیک در زوایای قائم به وجه فرستنده انتقال می‌یابد، روش مستقیم از نظر اندازه‌گیری زمان انتقال قابل اطمینان ترین روش است. به علاوه، مسیر به وضوح مشخص شده و می‌توان دقیقا آن را اندازه‌گیری کرد و هر جا امکان داشته باشد این رویکرد را باید برای ارزیابی کیفیت بتن بکار برد. گاهی اگر زاویه بین مبدل‌ها خیلی زیاد نباشد و اگر طول مسیر خیلی بزرگ نباشد، می‌توان

روش نیمه مستقیم را با رضایت بکار برد. حساسیت کمتر خواهد بود و اگر این نیازها برآورده نشود ممکن است به دلیل تضعیف پالس انتقال‌یافته، هیچ سیگنال مشخصی دریافت نشود. طول مسیر نیز به دلیل اندازه محدود مبدل چندان به روشنی تعریف نمی‌شود اما به طور کلی برای گرفتن آن از مرکز به مرکز وجوه مبدل، کافی قلمداد می‌شود.
روش غیر مستقیم مسلما کمترین رضایت بخشی را دارد زیرا دامنه سیگنال دریافتی کمتر از 3 درصد انتقال مستقیم مشابه است. سیگنال دریافتی به انتشار پالس به وسیله ناپیوستگی‌ها وابسته است و لذا به شدت در معرض خطا است. سرعت پالس التراسونیک عمدتا تحت تاثیر بتن ناحیه سطح قرار دارد که ممکن است معرف بدنه نباشد و طول دقیق مسیر نامعلوم باشد. برای توجیه این عدم دقت در طول مسیر روش خاصی لازم است که مستلزم مجموعه‌ای از خوانش‌ها با فرستنده ثابت و گیرنده واقع در مجموعه نقاط افزایشی ثابت در امتداد خط شعاعی انتخابی است. نتایج روی نقشه مشخص شده است و میانگین سرعت پالس التراسونیک با شیب راست‌ترین خط بدست می‌آید. اگر در این نقشه عدم پیوستگی وجود داشته باشد احتمال دارد ترک سطحی یا یک لایه سطح زیرین وجود داشته باشد.اگر این روش امکان پذیر باشد و تنها زمانی بکار رود که فقط یک سطح وجود دارد، باید از آن اجتناب کرد مگر اینکه برای شناسایی این ویژگی‌ها اندازه‌گیری انجام شود.

کاربردهای آزمایشگاهی

کاربردهای آزمایشگاهی اصلی در نظارت بر آزمایشاتی است که ممکن است به ماده یا رفتار سازه مربوط باشد. این کاربردها شامل توسعه مقاومت یا خرابی در نمونه‌های در معرض شرایط عمل‌آوری متفاوت یا محیط‌های تهاجمی است. شناسایی آغاز ترک‌های ریز نیز ممکن است طی آزمون‌های بارگذاری بر اعضای سازه ارزشمند باشد هر چند این روش به همان ترک اولیه تا حدودی حساس است. در کاربردهایی با این ماهیت، در صورتی این ابزار کارآمدترین ابزار است که به دستگاه ثبت مداوم متصل بوده و مبدل‌ها به سطح محکم شده باشد و لذا نیاز به کاربرد مکرر و خطاهای عملیاتی مربوطه را از بین می‌برد.

کاربردهای در محل

کاربردهای گسترده و مختلف لزوما در دسته های مجزا قرار نمی‌گیرد اما طبق اهداف و نیازهای عملی زیر گروه‌بندی می‌شود.

اندازه‌گیری یکنواختی بتن

این کار احتمالا ارزشمندترین و قابل اطمینان ترین کاربرد این روش در میدان است. درباره استفاده از بررسی سرعت پالس جهت بررسی تغییرات مقاومت در اعضا گزارشات منتشرشده زیادی در دست است. تحلیل آماری نتایج همراه با ایجاد کانتورهای سرعت پالس التراسونیک در یک عضو سازه ای اغلب می‌تواند اطلاعاتی درباره تغییر پذیری استانداردهای ماده و ساختمان بدست دهد. خوانش‌ها را باید روی یک شبکه منظم در یک عضو انجام داد. فاصله‌گذاری 1 متری می‌تواند برای نواحی یکنواخت بزرگ مناسب باشد اما این فاصله باید برای واحدهای کوچک و متغیر کاهش یابد. تامست اظهار کرده است در یک واحد site-made ساخته شده از یک بار واحد بتن، تغییر 1.5٪ ضریب سرعت پالس، نشان دهنده استانداردهای ساخت خوبی است که وقتی بارهای متعدد یا تعدادی واحد کوچک مطرح باشد، این استاندارد تا 2.5٪ افزایش می‌یابد. برای بتن مشابه در کل یک سازه نیز مقدار عادی مشابه 9-6 درصد پیشنهاد می‌شود. بنابراین این نوع تحلیل را می‌توان به عنوان معیار کیفیت ساختمان مورد استفاده قرار داد و محل نواحی زیر استاندارد را می‌توان از روی نقشه «کانتور» بدست آورد. نشان دادن خوانش‌های سرعت پالس التراسونیک به شکل نمودار ستونی نیز می‌تواند ارزشمند باشد زیرا بتن با کیفیت خوب یک خیز کاملا مشخص در توزیع را فراهم خواهد کرد. آزمون سرعت پالس التراسونیک را که به این نحو استفاده می‌شود می‌توان نوعی آزمون کنترل قلمداد کرد هر چند اکثر موارد عملی که در آن این روش مورد استفاده قرار می‌گیرد به سهل‌انگاری مشکوک در ساخت یا نقص در عرضه یکنواخت مربوط می‌شود. بررسی یک سازه موجود ویژگی‌هایی را آشکار کرده و تعیین خواهد کرد که در غیر اینصورت شناسایی آن‌ها ممکن نیست. با اینکه انجام این بررسی‌ها به وسیله خوانش‌های مستقیم در وجوه مخالف عضو ترجیح داده می‌شود، تامست استفاده موفقیت‌آمیز از خوانش‌های غیرمستقیم برای مقایسه و تعیین نواحی زیر استاندارد دال‌های کف را گزارش کرده است.تصمیمات مربوط به جدی بودن نقایصی که این نوع بررسی‌ها نشان می‌دهند معمولا برآورد مقاومت بتن را ایجاب خواهد کرد. برآورد قابل اطمینان مقاومت مطلق امکانپذیر

نیست مگر اینکه کالیبراسیون موجود باشد. اگر میانگین مقاومت عرض معلوم باشد، رابطه $f_c = kV^4$ برای برآورد مقادیر نسبی در محدوده‌های کوچک رضایت بخش تصور می‌شود. چناچه این امر تحقق نیابد، برای بدست آوردن مقادیر مقاومت با توجه به محل تعیین شده بر اساس نقشه کانتور التراسونیک، توسل به یک روش مثبت نیمه مخرب یا نمونه‌برداری مغزه ضرورت خواهد داشت.

شناسایی ترک خوردگی و سوراخ سوراخ شدگی

کاربرد ارزشمند تکنیک‌های سرعت پالس التراسونیک که به همبستگی دقیق سرعت پالس با هر خاصیت دیگر ماده نیازی ندارد در شناسایی سوراخ سوراخ شدگی و ترک خوردگی است. از آنجا که پالس نمی‌تواند در هوا حرکت کند، وجود ترک یا حفره روی این مسیر، طول مسیر را افزایش خواهد داد (چون به اطراف شکستگی می‌رود) و تضعیف پالس التراسونیک را افزایش خواهد دارد به طوری که زمان انتقال طولانی‌تری ثبت خواهد شد. بنابراین، سرعت پالس التراسونیک مشخص بدست آمده کمتر از آن در ماده سالم خواهد بود. از آنجا که امواج فشاری در آب حرکت خواهد کرد در نتیجه این فلسفه صرفا در مورد ترک‌ها یا حفره‌هایی مصداق خواهد داشت که پر از آب نباشد (امواج برشی در میان آب عبور نخواهد کرد). تامست این موضوع را به تفصیل بررسی کرده و نتیجه گرفت با اینکه ترک‌های پر از آب را نمی‌توان شناسایی کرد، حفره‌های پر از آب سرعت کمتری از بتن اطراف خود نشان خواهند داد. بتن سوراخ سوراخ دارای سرعت پالس التراسونیک پایین به همین ترتیب رفتار خواهد کرد. تغییر در سرعت پالس التراسونیک ناشی از خطای تجربی، علی رغم تغییر خواص بتن احتمالا حداقل 2 درصد خواهد بود و از اینرو اگر بخواهیم حفره را شناسایی کنیم اندازه آن باید آنقدر کافی باشد که موجب افزایش طول مسیر بیشتر از 2 در صد شود. بنابراین، با افزایش طول مسیر، شناسایی یک حفره معین مشکل‌تر خواهد بود اما قطر مبدل مورد استفاده، حداقل اندازه مطلق نقص قابل شناسایی را تعیین خواهد کرد.در شناسایی و اندازه‌گیری ترک، حتی ترک‌های ریز بتن برای پاره کردن مسیری که پالس‌های التراسونیک انتخاب کرده‌اند کافی خواهد بود و نویسندگان ثابت کرده‌اند در تنش‌های فشاری بیشتر از 50 درصد مقاومت نهایی مکعب، می‌توان انتظار داشت سرعت پالس التراسونیک اندازه‌گیری شده به علت اختلال در طول و عرض مسیر افت کند. اگر سرعت بتن سالم معلوم باشد، بنابراین می‌توان بیش تنیدگی را شناسایی کرد یا آغاز ترک‌خوردگی را می‌توان با کنترل مداوم طی افزایش بار، شناسایی کرد.برآورد عمق ترک‌ها را می‌توان با استفاده از خوانش‌های غیر مستقیم سطح بدست آورد.

آمون و اسنل نیز مواردی را بیان کرده‌اند که در آن تکنیک‌های التراسونیک بر مبنای این اصل که پیوند یا تراکم ضعیف مانع عبور پالس خواهد شد، برای کنترل تعمیرات گروت اپوکسی در بتن مورد استفاده قرار گرفته است.

محل سوراخ سوراخ شدگی با استفاده از اندازه‌گیری مستقیم در عضو مشکوک با توجه به خوانش‌هایی که در یک شبکه منظم گرفته شده است، بهتر تعیین می‌شود. اگر ضخامت عضو ثابت باشد، «نقشه کانتور» زمان‌های انتقال براحتی محل و اندازه نواحی دارای تراکم ضعیف را نشان خواهد داد.

برآورد مقاومت

پیش‌بینی مقاومت مطلق بدنه بتن در محل با اندازه‌گیری سرعت پالس التراسونیک اساسا امکانپذیر نخواهد بود مگر اینکه منحنی کالیبراسیون مناسب را بتوان حاصل کرد. با اینکه می‌توان همبستگی منطقی با مقاومت فشاری و خمشی را در آزمایشگاه بدست آورد، با برآورد مقاومت نمونه‌های قابل مقایسه تا $\pm 10\%$، مساله ارتباط دادن آن‌ها با بتن در محل قابل توجه است. اگر بخواهیم این کار را انجام دهیم، احتمالا استفاده از مغزه‌ها برای ایجاد منحنی کالیبراسیون همراه با اصلاح رطوبت تامست، مطمئن‌ترین روش است. نویسندگان اظهار داشته‌اند اگر یک نمودار کالیبراسیون قابل اطمینان در دسترس باشد، همراه با شرایط مناسب آزمون، در پیش‌بینی مقاومت $\pm 20\%$ مربوط به ناحیه محلی مورد نظر، می‌توان به حدود اطمینان 95 درصد دست یافت. تغییرات مورد انتظار درون عضو احتمالا دقت مشابه در پیش‌بینی کلی مقاومت یک عضو را تا مرتبه $\pm 10 N/mm^2$ در سطح متوسط $30 N/mm^2$ کاهش می‌دهد. دقت در سطوح مقاومت بالاتر کاهش یافته و با برآوردهای بالای $40 N/mm^2$ را باید با احتیاط بیشتری برخورد کرد.

موقعیت‌هایی وجود دارد که این رویکرد می‌تواند صرفا روشی عملی برای برآورد مقاومت در محل ارائه کند هر چند دقیق نیست و در صورت لزوم توجه ویژه به شرایط رطوبت نسبی نمونه‌های کالیبراسیون و بتن در محل اهمیت ویژه‌ای دارد. عدم توجه به این نکته به احتمال زیاد موجب برآورد کم مقاومت در محل می‌شود و این برآورد کم ممکن است چشمگیر باشد.

ادعا می‌شود در مقایسه با سایر تکنیک‌ها نظیر آزمون‌های چکش برجهندگی می‌توان به بهبودهای قابل توجه در دقت دست یافت اما این روش هرگز در انگلیس و آمریکا محبوبیت کسب نکرده است.

ارتباط بین سرعت امواج التراسونیک و مقاومت فشاری بتن

رابطه زیر ارتباط مقاومت فشاری بتن و سرعت امواج التراسونیک را نشان می دهد.

$$f_c = ae^{bV}$$

که در آن fc ، مقاومت فشاری بتن بر حسب کیلوگرم بر سانتی متر مربع ، V سرعت امواج التراسونیک بر حسب کیلومتر بر ثانیه و a ,b ضرایبی تجربی هستند. ضرایب تجربی a ,b برای انواع مختلف بتن و شرایط عمل آوری وسن بتن متفاوت خواهد بود.

ارزیابی خرابی بتن

التراسونیک معمولا برای تعریف اندازه و دامنه خرابی ناشی از آتش‌سوزی، حمله مکانیکی، یخبندان یا حمله شیمیایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این نوع بررسی کلی براحتی محل نواحی مشکوک را تعیین خواهد کرد در حالی که تامست یک روش ساده را برای ارزیابی عمق آتش‌سوزی و حمله شیمیایی سطحی مطرح کرده است. در این رویکرد، فرض بر این است که سرعت پالس التراسونیک در مناطق داخلی سالم بتن را می‌توان از روی نواحی بدون تغییر بدست آورد و سرعت سطح آسیب‌دیده صفر است. بین سطح و داخل یک افزایش خطی فرض می‌شود که محاسبه عمق بتن سالم را از روی زمان انتقال اندازه‌گیری شده در ناحیه آسیب‌دیده میسر می‌کند. برای مثال، اگر زمان T برای طول مسیر L شامل یک ناحیه سطحی آسیب‌دیده با ضخامت t بدست آید و سرعت پالس التراسونیک بتن سالم V_c باشد، می‌توان نشان داد ضخامت به صورت زیر بدست می‌آید:

$$t=(TV_c - L)$$

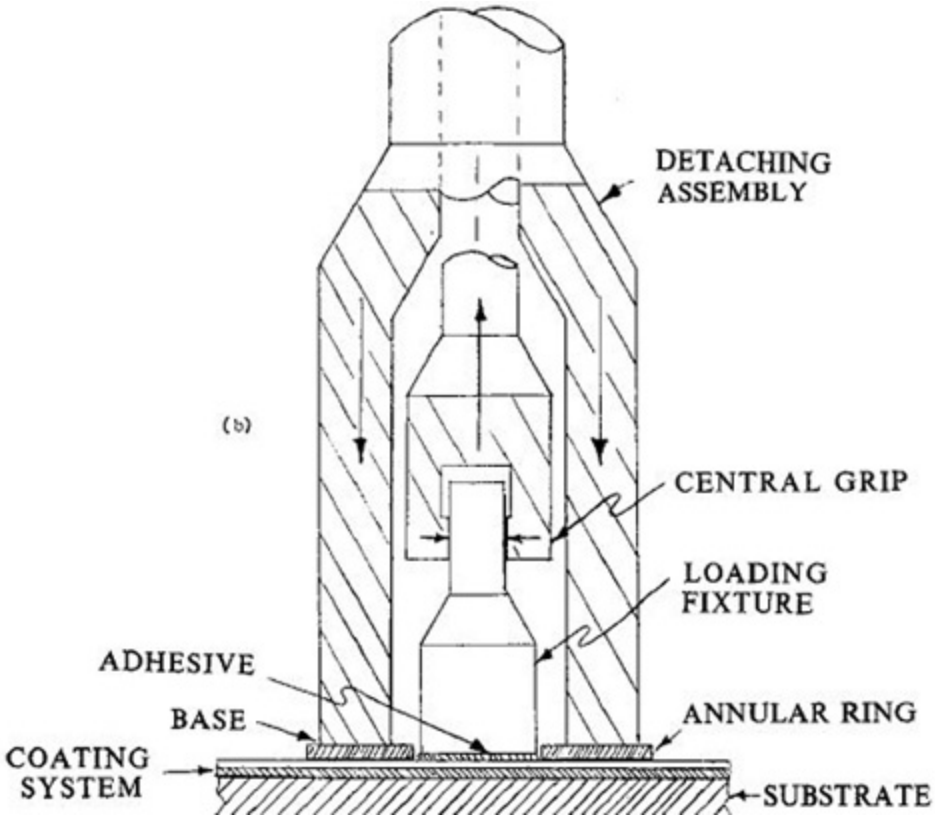
با اینکه این روش صرفا یک برآورد غیر دقیق از عمق خسارت را نشان می‌دهد، گزارش شده است در تعدادی از پژوهش‌های آسیب ناشی از آتش‌سوزی، نتایج معقولی نشان می‌دهد.

وقتی خرابی عضو عمومی‌تر باشد، امکان دارد سرعت پالس‌های التراسونیک مقاومت نسبی درون یا بین اعضا را نشان دهد. این خطر وجود دارد که مدول الاستیک و لذا سرعت پالس التراسونیک به اندازه مقاومت تحت تاثیر قرار نمی‌گیرد و لذا در زمان استفاده از سرعت پالس التراسونیک به این نحو، باید احتیاط کرد.

با اینکه می‌توان کالیبراسیون آزمایشگاهی را برای ترکیب در معرض نوع خاصی حمله یا خرابی انجام داد به طوری که در زمان ارزیابی تجزیه سیمان با آلومینای بالا در انگلیس انجام شد ، پیش‌بینی مقاومت مطلق بتن خراب شده در محل را باید غیر قابل اطمینان دانست. با این حال، مقایسه اعضای مشابه در محل برای شناسایی اعضایی که مشکوک به آزمون بار بعدی هستند، در جریان تعدادی از پژوهش‌های HAC با موفقیت انجام شده است و ثابت شده است

برای **بررسی چسبندگی FRP به سطح بتن** از **آزمون Pull-off** (**تست پول آف**) استفاده می‌شود. این تست میزان بزرگترین نیروی عمودی وارد بر سطح بتن، FRP و چسب اپوکسی را مشخص می‌نماید. سطحی که در آن گسیختگی اتفاق می‌افتد، نمایان‌گر ضعیف‌ترین صفحه از بین بتن، FRP و چسب اپوکسی است. در این آزمون که مطابق **استاندارد ASTM D 4541** انجام می‌شود، تنش کششی بیشترین مقدار را نسبت به تنش برشی دارد. یکی از نقاط قابل ملاحظه در انجام این تست این است که نتیجه آن به مصالح بتنی و ابزارهای استفاده شده بستگی دارد. انجام این تست دو نتیجه مهم را در اختیار می‌دهد. اولین نتیجه‌ای که **تست Pull-off** می‌دهد، مقدار حداکثر نیرویی است که مصالح در آن گسیخته می‌شوند. این مقدار در واقع حداکثر نیرویی است که FRP

می‌تواند تحمل کند. نتیجه دومی که انجام تست **پول آ ف** (**Pull-off**) می‌دهد، نحوه گسیختگی و شکست مصالح است. با توجه به این نوع گسیختگی می‌توان اظهار نظر نمود که ضعیف‌ترین قسمت اجرا شده FRP، کدام قسمت است.



نمای شماتیک تست Pull-off

نکته قابل توجه در این تست این است که نتایج این آزمون در شرایطی که ابزارهای مورد استفاده در آزمون متفاوت باشد و یا سختی سطح زیرکار متفاوت باشد، قابل مقایسه نیست و برای مقایسه نتایج باید همه شرایط یکسان باشد.

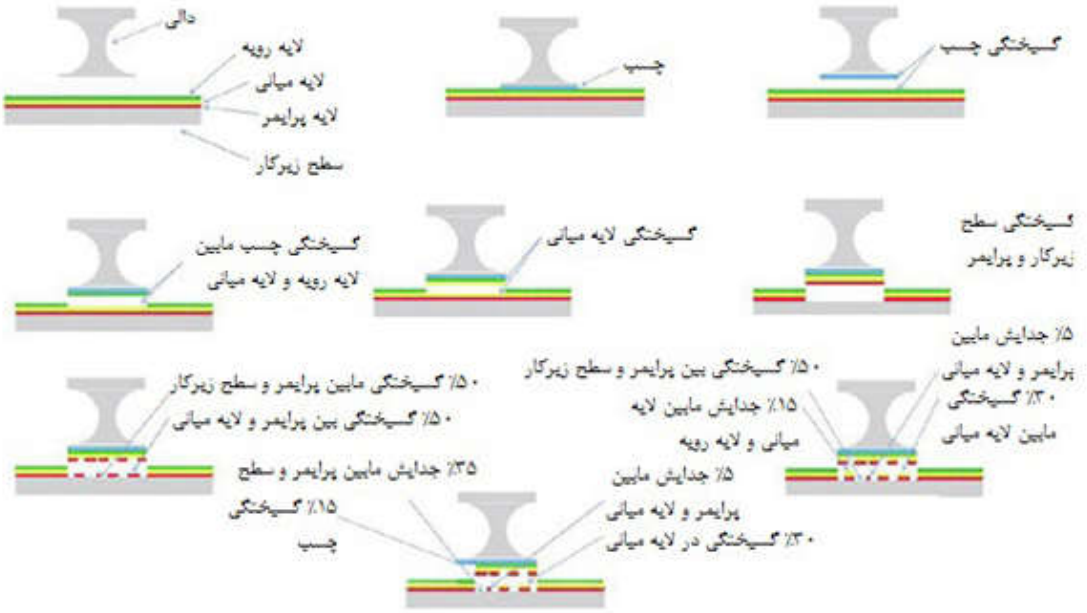
تجهیزات مورد نیاز آزمایش Pull-Off

دالی (Dully) و چسب مخصوص

قطعه دالی همان قطعه‌ای است که بر روی سطح FRP چسبانده می‌شود. شکل خاص این قطعه به انجام تست کمک فراوانی می‌کند. یکی از پیچیدگی‌های انجام **تست Pull-Off FRP** شکل خاص همین **قطعه دالی** است.

جک مخصوص

جک مخصوص انجام **تست Pull-Off FRP** به گونه‌ای است که یک Actuator به **دالی** متصل می‌گردد و با کمک آن بار کششی را بر روی سطح FRP اعمال می‌کند. همچنین این جک دارای یک دیتا لاگر است و می‌تواند مقدار حداکثر نیروی کششی را در خود ذخیره نماید.



جک مخصوص انجام تست Pull-Off

استوانه کاتر

استوانه‌ای تو خالی است که لبه‌های برّنده دارد و به عنوان **کاتر** (**Cutter**) استفاده میگردد.

مراحل انجام تست Pull-Off

مراحل انجام **تست Pull-Off** به شرح زیر است.

- آماده سازی سطح

اولین مرحله در انجام **تست پول آف**، تمیز نمودن سطح زیر کار است. زیرا در صورتی که سطح زیرکار دارای آلودگی و گرد غبار باشد، عمل چسبیده شدن **دالی** به FRP به خوبی انجام نمی‌پذیرد و بنابراین در هنگام اعمال نیروی کششی به **دالی**، **دالی** از سطح جدا می‌شود.

- آماده سازی دالی

سطح **دالی** را نیز باید مانند **سطح FRP** کاملا از هرگونه گرد و غباری تمیز نمود. زیرا آلودگی این سطح نیز می‌تواند مانند آلودگی FRP، گسیختگی آن را دچار مشکل کند.

- اختلاط چسب

چسب اپوکسی استفاده شده در این آزمون، باید به صورت 1 به 1 مخلوط شود. حداکثر زمان دوام چسب بعد از اختلاط 90 دقیقه است. اما توصیه می‌شود چسب با مقادیر کم مخلوط شود تا سریعا چسب آماده شده مصرف گردد.

- عملیات چسباندن دالی

در این مرحله می‌توان چسب را به سطح تمیز شده FRP چسباند. این کار باید به گونه‌ای باشد که ضخامت چسب، به حدود 1 میلی متر برسد. سپس باید **دالی** را روی قسمت چسب کاری شده، چسباند. این کار را باید با احتیاط انجام داد. سپس باید **دالی** را باید کمی با دست فشار داد تا اتصال خوبی با سطح برقرار نماید. برای اطمینان بهتر است یک قطعه سنگین‌تر از **دالی** روی آن قرار داد. باید دقت نمود که **چسب اپوکسی** اضافی از اطراف **دالی** پاک شود.

- انجام تست Pull-Off

بعد از **چسباندن دالی** روی سطح، باید به مدت 1 هفته الی 10 روز صبر نمود تا عملیات **گیرش چسب اپوکسی** به صورت کامل انجام پذیرد. بعد مدت لازم، ابتدا باید با کمک **استوانه کاتر**، FRP اطراف **دالی** و بتونه و لایه‌های زیرین FRP را قطع نمود تا به سطح بتن رسید. سپس باید Actuator را به **دالی** متصل نمود و شروع به کشیدن آن با کمک جک کرد. عملیات کشیدن باید تا جایی ادامه یابد که **دالی** کاملا از سطح جدا شود. سپس می‌توان با توجه به مکانیسم گسیختگی، در مورد نحوه **عملکرد FRP** اظهار نظر نمود.

تحلیل نتایج

همانطور که ذکر گردید، از **آزمون پول آف** دو نتیجه مهم به دست می‌آید. اولین نتیجه مقدار نیروی کششی است که **FRP** می‌تواند تحمل کند. ممکن است در **طراحی سیستم FRP** نیروی حداکثر **FRP** مقدار متفاوتی با آنچه در واقعیت اتفاق افتد، در نظر گرفته شده باشد. به همین دلیل انجام این تست، در همه سازه‌هایی که با **FRP** تقویت می‌شوند، اکیدا توصیه می‌گردد. زیرا یکی از اساسی‌ترین فرضیات طراحی را (همان نیروی چسبندگی قابل تحمل **FRP**) چک می‌کند. نتیجه دومی که انجام این تست می‌دهد، **مکانیسم گسیختگی FRP** است. همانطور که در شکل زیر مشاهده می‌گردد، در صورتی که چسب از زیر **دالی** جدا شود، یعنی مابین **دالی** و **FRP** گرد و غبار و آلودگی وجود داشته است و یا چسب به خوبی بین **دالی** و **FRP** چسبیده نشده است. چنانچه **FRP** از سطح بتونه جدا شود، یعنی **عملیات اجرای FRP** مناسب نبوده است و **اجرای FRP** دارای نقص بوده است. در صورتی هم که بتونه از سطح بتن جدا شود نیز، نتیجه همان است و **اجرای FRP** مناسب نبوده است. چنانچه سطح بتن گسیخته شود، بهترین نتیجه ممکن رقم خورده است. زیرا نشان می‌دهد ضعفی در **اجرای FRP** وجود نداشته است و بتن ضعیف‌ترین ناحیه در **اطراف FRP**، خود بتن است.